

VISIT...

LANZAROTE
Caliente.COM

ПРЕДИСЛОВИЕ

Рецензенты:

кафедра «Технология строительного производства» Московского инженерно-строительного института им. В. В. Куйбышева;
кафедра «Технология строительного производства» Ростовского инженерно-строительного института.

В этой книге сделана попытка обобщить опыт строительства зданий и сооружений из монолитного и сборно-монолитного железобетона, накопленный в последнее десятилетие в СССР и зарубежных странах.

В первом разделе книги описаны современные виды эффективных опалубок, применяемых для бетонирования монолитных конструкций в нашей стране и за рубежом. Рассмотрены способы расчета опалубки, принципы конструирования, методика технико-экономической оценки вариантов опалубки и рациональные условия применения ее видов, а также технология опалубочных работ.

Во втором разделе рассмотрены способы изготовления и монтажа арматуры, технология бетонирования различных конструкций. В третьем — пятом разделах подробно изложены вопросы технологии строительства зданий и сооружений из монолитного бетона и железобетона, а также особенности производства работ зимой и в условиях сухого и жаркого климата. Приведены сведения по комплексной механизации и автоматизации бетонных работ, рассмотрены основные пути снижения трудоемкости и повышения качества монолитного железобетона.

Основная цель книги — подробно ознакомить будущих инженеров-строителей с особенностями возведения зданий и сооружений из монолитных и сборно-монолитных конструкций, а также помочь им выбрать рациональные условия применения этого вида строительства.

Учебное пособие написано в соответствии с программой курса «Технология строительного производства», утвержденной Учебно-методическим управлением по вузам МВ и ССО СССР 24 октября 1966 г.

Главы 1, 2, 4, 5, 10, 11, 17 и 18 написаны канд. техн. наук Н. И. Евдокимовым; введение, § 5 гл. 1, главы 3, 6, 7, 8, 9, 12—16 и 19, 20 — доц., канд. техн. наук А. Ф. Мацкевичем; глава 21 — канд. техн. наук В. С. Сытникком.

Авторы выражают искреннюю благодарность преподавателям кафедры «Технология строительного производства» Московского инженерно-строительного института (зав. кафедрой — проф., д-р техн. наук Т. М. Штоль) и кафедры «Технология строительного производства» Ростовского инженерно-строительного института (зав. кафедрой — доц., канд. техн. наук Ю. П. Кузнецов) за советы, высказанные ими при рецензировании рукописи.

Авторы

Евдокимов Н. И., Мацкевич А. Ф., Сытник В. С.
Е15 Технология монолитного бетона и железобетона:
Учеб. пособие для строительных вузов. — М.: Высш. школа, 1980. — 335 с., ил.

В пер.: 95 к.

В книге рассмотрен комплекс технологических процессов по возведению конструкций гражданских зданий и сооружений из монолитного и сборно-монолитного железобетона и дан краткий анализ экономических показателей этого вида строительства. Издание предназначено в качестве учебного пособия к курсу «Технология строительного производства» для студентов специальности «Промышленное и гражданское строительство», его могут использовать также студенты других строительных специальностей.

Е 30207—083
001(01)—80 108—80 3203000000

БКС
ББК 38.53

ВВЕДЕНИЕ

Одним из направлений технического прогресса в строительстве является широкое внедрение конструкций из монолитного и сборно-монолитного бетона и железобетона. В постановлении Совета Министров СССР «О некоторых мерах по повышению технического уровня производства железобетонных конструкций и более эффективному использованию их в строительстве», принятом в январе 1977 г., было указано, что в ряде случаев допускалась необоснованная замена монолитных железобетонных конструкций сборными, что влекло за собой увеличение сметной стоимости строительства.

К 1980 г. выпуск сборных железобетонных конструкций предполагается довести до 135 млн. м³, объем же монолитного железобетона возрастет до 120—125 млн. м³. Столь значительные объемы монолитного бетона объясняются существенными преимуществами этого строительного материала.

Широкое применение бетона в строительстве началось во второй половине XIX в. в связи с появлением принципиально нового строительного материала — железобетона. Значительным этапом применения железобетона в России можно считать организацию в Москве Акционерного общества бетонных работ в 1891 г. В тот период в России и за рубежом были сделаны первые попытки механизировать приготовление бетонных смесей и усовершенствовать способы бетонирования.

Большой вклад в изучение свойств цементов в конце прошлого века внесли русские ученые А. А. Байков, Р. А. Шуляченко, Н. А. Белелюбский, В. И. Чарномский и др. В 1881 г. в России были опубликованы первые нормы на цемент (Н. А. Белелюбский, И. Г. Малиго), тогда как первый английский стандарт на цемент был издан на четверть века позже.

Проф. И. Г. Малиго занимался подбором оптимальных составов бетонных смесей, а также изучал влияние различных способов укладки на прочность и долговечность бетонных сооружений. Совместно с французским ученым Ферре в 1890-х годах он открыл зависимость прочности бетона от водоцементного отношения.

В 1912 г. проф. Н. А. Житкевич выпустил фундаментальный труд «Бетон и бетонные работы», в котором большое внимание уделено вопросам технологии бетона и железобетона (выбор заполнителей, подбор составов, приготовление бетонных смесей, способы бетонирования, расчет опалубки и др.).

Широкое распространение в нашей стране получило строительство из железобетона после Великой Октябрьской социалистической революции. Уже первые крупные стройки, намеченные Лениным планом ГОЭЛРО, — Шатурская, Каширская и Волховская электростанции — возводились с применением монолитного железобетона.

В годы первых пятилеток в СССР были созданы мощные строительные организации, специализирующиеся на возведении объектов из монолитного железобетона (тресты «Бетонстрой», «Теплобетон», «Промзериострой» и др.). За предвоенные годы была создана мощная цементная промышленность, начал выпуск машин и механизмов для приготовления и уплотнения бетона; впервые в мире начали применяться у нас методы зимнего бетонирования и эффективная многократно оборачиваемая опалубка.

В 1930—1940 гг. успешно развивалась теория бетона. Академиком А. А. Байковым проводились фундаментальные исследования по вопросам твердения и гидратации цементов. Науку о цементных обогатили работы П. П. Будникова, В. Н. Юнга и др. Методы расчетов оптимальных составов бетонов разрабатывались Н. Е. Беляевым, Б. Г. Скрамтаевым, К. С. Завриевым и др. Значительные теоретические исследования в области зимнего бетонирования были выполнены И. А. Кириенко, В. Н. Сизовым, С. А. Мироновым и др.

Советские ученые много работают над созданием опалубки для бетонирования монолитных конструкций и сооружений. Так, в 1924 г. по инициативе проф. М. В. Вавилова было начато внедрение скользящих опалубок на строительстве элеваторов. Позже такую опалубку стали применять при возведении мостовых устоев, дымовых труб и т. п. Раньше, чем в других странах, железобетонная опалубка-облицовка была внедрена в СССР на строительстве первых отечественной гидроэнергетики.

В первые послевоенные годы на строительстве крупных гидротехнических сооружений ежегодно укладывались миллионы кубометров монолитного железобетона. С 1955 г. началось широкое внедрение в нашей стране сборного железобетона, вследствие чего уменьшилось внимание к проблемам монолитного. Сентябрьский Пленум ЦК КПСС (1965 г.) поставил перед строителями задачу выбирать те или иные решения, исходя из точных технико-экономических расчетов, подтвержденных практикой. Это относится прежде всего к рациональному, научно обоснованному соотношению между сборным и монолитным железобетоном, возведению сборно-монолитных конструкций зданий и сооружений наряду с полностью сборными.

На восьмой Всесоюзной конференции по бетону и железобетону в 1977 г. были намечены новые задачи по совершенствованию железобетонных конструкций и их технологий. Вопросами совершенствования технологии монолитного железобетона и обобщения передового опыта занимаются многие ученые НИИЖБа, ЦНИИОМТП, ЦНИИЭП жилища, десятков вузов, а также инженеры строительных и проектных организаций.

Значительные успехи в строительстве монолитных зданий и сооружений достигнуты в послевоенные годы в США, Англии, Франции, Японии, ФРГ и других зарубежных странах.

Из монолитного железобетона экономически выгодно возводить фундаменты под здания и технологическое оборудование, массивные стены гидротехнических и промышленных сооружений, тоннели и каналы, ростверки, полы, покрытия автомобильных дорог. Новой областью становится монолитное домостроение.

По данным ЦНИИЭП жилища, объем монолитного домостроения в десятой пятилетке достигнет 1,5—2,5 млн. м² полезной площади в год. Возведение монолитных зданий и сооружений ведется с применением скользящей, объемно-переставной, крупнощитовой и других эффективных опалубок.

Монолитные жилые и общественные здания придают большую выразительность районам массового строительства в специфичных условиях их возведения (в особенности на стесненных участках, в условиях горной местности, при отсутствии мощной базы сборного домостроения и т. п.), позволяют снизить стоимость строительства на 10—15%, а капитальные вложения уменьшить на 20—25% при одинаковых суммарных затратах труда на заводе и строительных площадках. Вследствие повышенной жесткости и трещиностойкости монолитные здания целесообразно возводить на просадочных грунтах и подрабатываемых территориях, а также в сейсмичных районах.

Ввиду всех этих преимуществ зданий из монолитного и сборно-монолитного железобетона конструкции и современные способы их возведения заслуживают самого пристального изучения будущими инженерами-строителями.

РАЗДЕЛ ПЕРВЫЙ ОПАЛУБОЧНЫЕ РАБОТЫ

ГЛАВА 1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Термином «опалубка» обозначают несущие, поддерживающие и формообразующие элементы из различных материалов и разной конструкции, которые после установки в рабочее положение образуют форму для укладки бетонной смеси, соответствующую конфигурации и размерам конструкций. Эти конструкции изготовляют непосредственно на месте их размещения в зданиях и сооружениях, на строительной площадке в отличие от форм, применяемых для изготовления сборных железобетонных изделий на заводах и полигонах.

Основное назначение опалубки — придать нужную форму бетонной смеси до ее затвердения и достижения бетоном требуемой прочности после распалубки. Опалубка должна быть достаточно жесткой и неизменяемой в рабочем положении, способной без сверхдопустимых деформаций воспринимать технологические нагрузки и давление бетонной смеси при ее укладке и уплотнении. Кроме того, опалубка в ряде случаев может нести арматуру, закладные и другие детали. Опалубка во многом определяет также качество поверхности бетона, его прочность и другие свойства. Можно применять опалубку и для ускорения твердения бетона. В этом случае используют утепленную и термоактивную опалубку. С помощью некоторых видов опалубок бетонным конструкциям можно придать специальные свойства. С этой целью применяют, например, несъемные опалубки — гидроизоляцию и облицовку, утеплитель и др.

§ 1. Классификация опалубок

Опалубку классифицируют по функциональному назначению в зависимости от типа бетонируемых конструкций. В этих случаях различают опалубку: для получения вертикальных поверхностей (в том числе стен); для горизонтальных и наклонных поверхностей; для образования криволинейных поверхностей (например, пневматическая); для одновременного бетонирования стен и перекрытий, комнат и целых квартир.

Опалубку для бетонирования стен изготовляют следующих видов: мелкощитовую и крупнощитовую; подъемно-переставную; блок-формы; блочную; скользящую.

Для бетонирования перекрытий используют разборно-переставную опалубку с поддерживающими элементами; крупнощитовую, в которой опалубочные поверхности и поддерживающие элементы объединены в панель, целиком переставляемую краном.

Для одновременного бетонирования стен и перекрытий при строительстве зданий применяют объемно-переставную опалубку.

Горизонтально перемещаемую, в том числе катучую, опалубку применяют для бетонирования вертикальных, горизонтальных и наклонных поверхностей, а также для одновременного бетонирования стен и перекрытий.

По материалам, применяемым для изготовления опалубки, ее подразделяют на металлическую, дощатую, фанерную, пластмассовую, комбинированную, со специальными поверхностями. По способам выполнения работ опалубку классифицируют на переставную, скользящую и горизонтально перемещаемую. Для прогрева бетона при выполнении работ в зимних условиях применяют термоактивную опалубку.

Кроме того, в связи со специфичностью жилищно-гражданского строительства и особенностями тонкостенных монолитных конструкций, которые характеризуются большим модулем поверхности, можно выделить большую группу опалубки. К опалубкам этого назначения предъявляют также дополнительные требования, например повышенную жесткость, обеспечивающую точность геометрических размеров и хорошие эстетические качества поверхностей стен и потолков.

Мелко- и крупнощитовая опалубка. Мелкие щиты большей частью применяют в случае необходимости бетонировать различные по размерам конструкции. При повторяющихся же размерах небольшие элементы мелкощитовой опалубки целесообразно объединять в крупные панели. По такому принципу можно комплектовать крупные блоки опалубки, целиком или частично монтируемые краном. К собственно крупнощитовой и блочной опалубке можно отнести опалубку индивидуального изготовления с изменяемыми размерами или вставками для бетонирования одинаковых модульных конструкций, а также набор унифицированных несущих элементов, из которых можно составить опалубочные поверхности различного размера и назначения.

Мелкощитовая опалубка состоит обычно из набора элементов небольшого размера массой до 50 кг, что позволяет устанавливать и разбирать их вручную. Частями опалубки являются щиты площадью до 1 м², несущие элементы (схватки, элементы жесткости), поддерживающие элементы опалубки горизонтальных и наклонных поверхностей, элементы крепления и соединения. Из элементов разборно-переставной опалубки тоже можно собирать крупные панели и блоки, монтируемые и демонтируемые краном без разборки на элементы.

Опалубку универсального назначения применяют для возведения самых различных монолитных конструкций с переменными, небольшими или повторяющимися размерами. Такую опалубку осо-

бенно целесообразно использовать при бетонировании неупрочненных конструкций небольшого объема для промышленных сооружений.

Крупнощитовая опалубка состоит из крупноразмерных щитов, элементов соединения и крепления. Щиты опалубки воспринимают все технологические нагрузки без установки дополнительных несущих или поддерживающих элементов. Такие щиты включают палубу, элементы жесткости и несущие элементы; их оборудуют подмостями для бетонирования, подкосами для установки и устойчивости, регулируемыми и установочными домкратами. Крупнощитовую опалубку применяют для бетонирования протяженных стен, туннелей, перекрытий (например, в каркасных сооружениях, откуда можно извлекать опалубку после бетонирования).

Подъемно-переставная опалубка монтируется из щитов, специальных креплений и приспособлений для подъема. Перед подъемом специальными устройствами опалубку предварительно разбирают на элементы или разъединяют. Опалубку применяют для возведения железобетонных сооружений с переменной толщиной стен типа дымовых труб, градирен и др.

Горизонтально перемещаемая (катучая) опалубка состоит из каркаса (рамы) и закрепленных на нем, большей частью неподвижно, опалубочных щитов. Каркас устанавливается на тележках или других приспособлениях и перемещается вдоль возводимых сооружений. Применяется для бетонирования протяженных конструкций прямо- или криволинейного, в том числе замкнутого очертания, типа подпорных стен, туннелей, коллекторов, водоводов, возводимых открытым способом.

Блок-формы представляют собой пространственные замкнутые блоки, неразъемные и жесткие (выполненные из копус) или разъемные и раздвижные. Применяют их для бетонирования замкнутых конструкций относительно небольшого объема типа ростерков, ступенчатых фундаментов и др.

Объемно-переставная опалубка состоит из секций. По образной формы, которые при соединении по длине образуют туннели. Система туннелей, установленных параллельно, перпендикулярно друг другу и т. д., в соответствии с планом конструкций образует опалубку для бетонирования стен и перекрытий. При распаковке секции сдвигают (сжимают) внутрь и выкатывают к просему для извлечения краном. Применяют для бетонирования главным образом поперечных несущих стен и монолитных перекрытий жилых и гражданских зданий.

Блочную опалубку монтируют из блоков замкнутого сечения; при распаковке их сдвигают внутрь и переставляют краном или с помощью домкратов. Применяют ее для бетонирования замкнутых конструкций или ячеек типа лифтовых шахт, лестничных клеток и и др.

Скользящая опалубка состоит из щитов, закрепленных на домкратных рамах, рабочего пола, домкратов, приводных станций и

других элементов. Всю систему периодически поднимают домкратами по мере бетонирования. Применяют ее для бетонирования вертикальных элементов железобетонных зданий и сооружений относительно большой высоты.

Пневматическая опалубка имеет вид гибкой воздухопроницаемой оболочки, раскроенной в соответствии с типом сооружения. Устанавливают ее в рабочее положение и заполняют бетоном после создания внутри избыточного давления воздуха или газа или поднимают в рабочее положение после бетонирования. Применяют также пневматические баллоны, поддерживающие и несущие элементы опалубки. Такую опалубку используют для бетонирования сооружений относительно небольшого объема криволинейных очертаний.

Термоактивная опалубка — любая система опалубки с установленными на ней нагревательными элементами для прогрева бетона.

Несъемная опалубка. Элементы ее остаются после бетонирования в конструкции и выполняют в ряде случаев функции гидроизоляции, облицовки, утеплителя. Для изготовления используют различные материалы: тканую сетку, металл, пластмассу, армицемент, стеклоцемент, железобетон.

Специальная опалубка служит для бетонирования малоповторяемых нетиповых или сложных конструкций небольшого объема со специальной поверхностью и рельефом, например лестничных маршей, карнизов, малых архитектурных форм, отделки интерьеров.

Туннельная опалубка, применяемая для бетонирования монолитной обделки туннелей, возводимых закрытым способом, включает в себя формирующие и поддерживающие секции. Перемещается она с помощью механизмов с механическим или гидравлическим приводом. Бетонная смесь подается на формирующую секцию и уплотняется прессованием с помощью механизма прессования. Перемещается опалубка, упираясь в затвердевший бетон. Поддерживающие секции для уменьшения разрушения незатвердевшего бетона выполняют обычно податливыми и соединяют их с жесткой формирующей секцией.

Тип опалубки выбирают с учетом вида бетонизируемых конструкций, а также способа выполнения работ. Для выбора ее необходим всесторонний экономический анализ с учетом сроков строительства, темпа оборачиваемости опалубки, повторяемости конструкций, наличия механизмов и др. Трудовые затраты особенно снижаются при использовании индивидуальных крупноразмерных опалубочных систем, применяя которые, однако, можно при достаточно объеме бетона и наличии одиотипных конструкций.

Для бетонирования разнотипных конструкций в большинстве случаев целесообразна унифицированная разборно-переставная опалубка универсального назначения. Для изготовления отдельных характерных и массовых конструкций целесообразно использовать специализированные опалубки, раздвижные или перемонтируемые на разные размеры.

5 2. Требования к опалубке

Опалубка кроме прочностных показателей должна иметь достаточно высокую жесткость.

В связи с тем что при возведении монолитных конструкций жилых и гражданских зданий требуется повышенное качество поверхности, к опалубке предъявляют ряд дополнительных требований.

От деформативности опалубки зависят не только прочность и качество выполнения монолитных конструкций, но также трудоемкость опалубочных и отделочных работ, долговечность и стоимость опалубки. Кроме искривлений поверхности, нарушения геометрических размеров и других отклонений при недостаточно жесткой опалубке образуются раковины на поверхности и воздушные пузырьки при уплотнении бетона.

Важным требованием к опалубке является равномерность деформации элементов одного функционального назначения (например, крупноразмерных щитов стен или перекрытий). При термообработке бетона в термоактивной опалубке нужно учитывать дополнительные нагрузки и деформации опалубки при прогреве.

При возведении монолитных конструкций для уплотнения бетона вертикальных конструкций, как правило, применяют глубинные вибраторы. Использование наружных вибраторов позволяет снизить трудовые затраты на бетонных работах. Однако опалубка значительно утяжеляется и, кроме того, ухудшается качество поверхностей бетона вследствие засасывания воздуха при вибрировании.

Все соединения опалубки рекомендуется выполнять быстро-разъемными; они должны быть достаточно плотными и непроницаемыми. Сварные швы, а также острые углы и кромки опалубки должны быть обработаны.

Точность изготовления опалубки должна быть на один-два класса выше точности выполнения монолитных конструкций. Более высокие допуски называют для термоактивной опалубки, так как кроме дополнительных деформаций формы следует учитывать изменение размеров при охлаждении и нагревании. Большинство конструкций опалубки изготавливают по 7-му классу точности. Универсальные системы опалубки, рассчитанные на длительный срок службы, высокий темп оборачиваемости и применение в разных условиях, должны выполняться по более высокому классу точности. Следует иметь в виду, однако, что необоснованное завышение точности изготовления значительно увеличивает стоимость опалубки.

Значительное влияние на качество поверхности оказывает поверхность опалубки, соприкасающаяся с бетоном. Хорошие поверхности получают при нанесении слоя смазки на металлическую опалубку. Опалубка из специально подобранной древесины позволяет в ряде случаев получить красивую текстуру. Хорошие результаты дают специальные поглощающие облицовки. При увеличении степени поглощения материала уменьшается количество раковин и пустот на поверхности бетона. Различная степень поглощения об-

лидовки приводит к появлению ясно видимых темных и более светлых пятен на поверхности бетона. Кроме того, повторное применение опалубки также изменяет степень поглощения и цвет бетонной поверхности. Изменяют цвет также состав бетона, технология укладки и способ уплотнения.

Красивую поверхность бетона можно получить при использовании твердых древесноволокнистых плит и фанеры, покрытых смазкой. Поверхность в этом случае несколько лучше, чем при металлической поверхности опалубки. Опалубка с полностью непроницаемой поверхностью часто служит причиной появления пустот и раковин. Для снижения их нужно больше расходовать эмульсионной смазки. По этим соображениям желательно применять смазки и для поверхностей, имеющих небольшую адгезию к бетону (пластиковые опалубки, фанера с синтетическим покрытием).

§ 3. Материалы для опалубки

Наиболее часто для изготовления опалубки применяют сталь, древесину и фанеру, а в последние годы — пластмассы. Рациональными являются комбинированные конструкции, в которых несущим и поддерживающим элементами служат металл, а в качестве палубы, соприкасающейся с бетоном, — пиломатериалы, водостойкая фанера, пластик. Достаточно часто применяют полностью металлическую опалубку. Однако металлическую опалубку в зимнее время нужно утеплять. Металлическую палубу целесообразно использовать для переоборудования опалубки в термоактивную.

Полностью деревянные или фанерные опалубки, хотя и применяют (особенно широко первую), имеют ряд недостатков: большую материалоемкость и невысокую оборачиваемость. По этим же причинам нецелесообразно использование деревянных стоек в качестве поддерживающих элементов опалубки горизонтальных и наклонных поверхностей.

Сталь для опалубки следует применять не ниже марки СтЗ. Для уменьшения материалоемкости опалубки желательно использовать стали повышенных марок, а также гнутые и штампованные профили. Для всякого рода соединений, замков, пружинистых скоб используют специальные типы сталей, в том числе пружинистую марок 65Г, 55ГС и др.

Из пиломатериалов для опалубки используют древесину хвойных и лиственных пород. Материалы, соприкасающиеся с бетоном, выполняют из пиломатериалов не ниже III сорта. В основном же для опалубки применяют лесоматериалы хвойных пород: сосну, ель и лиственницу, а из лиственных пород — березу и ольху. Из-за растрескивания березы не рекомендуется использовать ее для изготовления палубы. Поддерживающие элементы изготавливают из пиломатериалов II сорта; для прогонов используют древесину только хвойных пород. Из хвойных же пород изготавливают элементы инвентарной опалубки, стойки высотой более 3 м и другие ответственные конструкции.

Для изготовления несущих каркасов применяют древесину хвойных пород влажностью не более 15%, для остальных элементов — не более 25%.

Доски, примыкающие к бетону, должны быть остроганы и иметь ширину не более 150 мм. Толщину досок назначают не менее 19 мм. Рекомендуется применять шпунтовые доски. Для скользящей опалубки применяют доски (клепки) шириной не более 120 мм, устанавливаемые с зазором, исключающим их коробление.

Наиболее целесообразно изготавливать палубы щитов, соприкасающихся с бетоном, из фанеры. Для этого применяют водостойкую бакелитизированную фанеру марок ФБС и ФБСВ толщиной 10 мм и более. Синтетическое покрытие фанеры значительно увеличивает срок службы палубы, снижает адгезию к ней бетона и позволяет получить высококачественные бетонные поверхности.

Для покрытия фанерных поверхностей используют пленки на основе бумаги или стеклоткани, пропитанные фенолформальдегидом или другими полимерами. Пленки наносят на прессе с подогревом плит. Применяют также полиэтиленовые пленки, стеклотекстолиты, стеклопластики, слоистые пластики типа «гетинакс», винилпласты. Пластики и пленки можно наносить прессованием, наклеивкой или закреплением твердых листов. Наносятся также пленочные покрытия лаками и красками. Большинство синтетических покрытий можно использовать для защиты не только фанеры опалубки, но и древесностружечных и волоконистых плит, а также пиломатериалов. Ряд покрытий, наносимых напылением, используются также для защиты металлических поверхностей, которые перед покрытием про травляют и обрабатывают механическим путем.

Полностью пластмассовые опалубки применяют редко из-за высокой стоимости и недостаточной эффективности. Для изготовления такой опалубки широко используют стеклопластик листовой и специально отформованный для опалубочных щитов и других элементов. Листовой стеклопластик применяют также для изготовления несъемной опалубки-облицовки и изоляции, для этих целей используют также железобетон, стекло- и армоцемент и другие материалы.

§ 4. Данные для расчета опалубки

Боковое давление бетонной смеси P согласно СНиП III-15-76 принимают равным:

при уплотнении глубинными вибраторами, высоте слоя укладываемой смеси h , м, меньшей или равной радиусу R , м, действия вибратора $h \leq R$, и скорости бетонирования v , меньшей 0,5 м/ч, $P = \rho h$, кгс/см², где ρ — объемная масса смеси, принимаемая для обычных тяжелых бетонов равной 2500 кг/м³;

то же, для $v \geq 0,5$ при $h \geq 1$ м $P = \rho (0,27 v + 0,78) K_1 K_2$, кгс/м², где K_1 — коэффициент, зависящий от подвижности смеси и равный 0,8 для бетонов с осадкой конуса 0—2 см; 1,0 для смесей с $O_k = 4-6$ см; 1,2 для $O_k = 8-12$ см; K_2 — коэффициент, учитывающий

влияние температуры бетонной смеси и равный 1,15 для смесей с температурой 5—7°С, 1,0 при 12—17°С и 0,85 при 28—32°С;
 $P = \rho h$;
 то же, при $v \geq 4,5$ и $h \geq 2R$

$$P = \rho(0,27v + 0,78) K_1 K_2$$

Кроме того, учитывают горизонтальные нагрузки. Ветровые нагрузки принимают в соответствии со СНиП II-6—74.

Нагрузки от сотрясений при выгрузке бетонной смеси учитывают по данным табл. 1-1, а нагрузки от вибрирования смеси принимают равными 400 кгс/м² поверхности.

Таблица 1-1

Нагрузка от сотрясений при выгрузке бетонной смеси

Способ укладки смеси	Горизонтальная нагрузка, кгс/м ²
Спуск по лоткам и хоботам, а также из бетонопроводов	400
Выгрузка из бадей емкостью от 0,2 до 0,8 м ³	400
То же, емкостью более 0,8 м ³	600

Таблица 1-2

Коэффициенты перегрузки опалубки

Нормативные нагрузки	Коэффициенты перегрузки
Собственная масса опалубки и лесов	1,1
Масса бетона и арматуры	1,2
Нагрузки от движения людей и транспортных средств	1,3
Вокковое давление бетонной смеси	1,3
Динамические нагрузки от сотрясений при выгрузке бетонной смеси	1,3

При использовании наружных вибраторов несущие элементы опалубки, крепления и соединения дополнительно рассчитывают на местные воздействия вибраторов.

Кроме того, опалубку рассчитывают на следующие вертикальные нагрузки: собственную массу опалубки; массу бетонной смеси, принимаемую равной 2500 кг/м³ для тяжелых бетонов, арматуру.

Нагрузку от людей и транспортных средств при расчете палубы, настилов и кружал опалубки перекрытий принимают равной

250 кгс/м², нагрузку при расчете конструкций, поддерживающих кружала, берут 150 кгс/м², при расчете стоек лесов — 100 кгс/м².

При учете всех нормативных нагрузок вводят коэффициенты перегрузки, приведенные в табл. 1-2.

Прогиб элементов опалубки не должен превышать: для опалубки открытых лицевых поверхностей — $1/400$ пролета, то же, для закрытых поверхностей — $1/250$ пролета; просадка поддерживающих элементов и лесов — $1/1000$ пролета монолитной конструкции.

§ 5. Меры по снижению сцепления бетона с опалубкой

Величина сцепления бетона с опалубкой достигает нескольких кгс/см². Это затрудняет работы по распалубке, ухудшает качество бетонных поверхностей и приводит к преждевременному износу опалубочных щитов.

На сцепление бетона с опалубкой оказывают влияние адгезия и когезия бетона, его усадка, шероховатость и пористость формирующей поверхности опалубки.

Под адгезией (прилипанием) понимают обусловленную молекулярными силами связь между поверхностями двух разнородных или жидких соприкасающихся тел. В период контакта бетона с опалубкой создаются благоприятные условия для проявления адгезии. Клеящее вещество (адгезив), которым в данном случае является бетон, в период укладки находится в пластичном состоянии. Кроме этого, в процессе виброуплотнения бетона пластичность его еще более увеличивается, вследствие чего бетон сближается с поверхностью опалубки и сплошность контакта между ними увеличивается.

Бетон прилипает к деревянным и стальным поверхностям опалубки сильнее, чем к пластмассовым, из-за слабой смачиваемости последних. В табл. 1-3 приведены значения нормального сцепления бетонов с некоторыми опалубочными материалами.

Усилие отрыва опалубки, кгс, определяют по формуле

$$P_{от} = K_{сн} F_{щ}$$

где c_n — нормальное сцепление, кгс/см²; $F_{щ}$ — площадь отрываемого щита (панели), м²; $K_{сн}$ — коэффициент, учитывающий жесткость щитов (панелей). Значения $K_{сн}$ для разных видов опалубки равны: мелкощитовой — 0,15, деревянной — 0,35, стальной — 0,40, крупнопанельной (панели из мелких щитов) — 0,25, крупнощитовой — 0,30, объемно-переставной — 0,45, для блок-форм — 0,55.

Дерево, фанера, сталь без обработки и стеклопластики хорошо смачиваются и сцепление бетона с ними достаточно большое, со слабо смачиваемыми (гидрофобными) гетинаксом и текстолитом бетон сцепляется незначительно.

Краевой угол смачивания шлифованной стали больше, чем у необработанный. Однако сцепление бетона с шлифованной сталью снижается незначительно. Объясняется это тем, что на границе

Таблица 1-3

Сцепление бетонов с различными опалубочными материалами

Материалы	Нормальное сцепление бетонов в возрасте 1 сут, кгс/см ²			
	тяжелый бетон		керамзитобетон	
	M150	M100	M150	M200
Сталь без обработки и без смазки	1,85	1,31	1,81	2,41
Сталь со смазкой	0,47	0,35	0,39	0,45
Сосна строганая	1,25	1,12	1,17	1,32
Фанера водостойкая	1,15	1,08	1,11	1,22
Древесностружечная плита	1,20	1,16	1,18	1,20
Текстолит	0,29	0,20	0,24	0,26
Гетинакс	0,57	0,42	0,52	0,56
Фторопласт-4	0,19	0,13	0,14	0,15
Стеклопластик полиэфирный	0,31	0,23	0,24	0,26

бетона и хорошо обработанных поверхностей сплошность контакта более высокая.

При нанесении на поверхность пленки масла она гидрофобизует (рис. 1-1, б), что резко уменьшает адгезию.

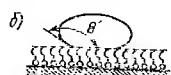


Рис. 1-1. Краевой угол смачивания различных поверхностей:

а — гидрофильная поверхность; б — то же, гидрофобная (со смазкой)

Тактовой паре опалубка — бетон следует растяжение пристыковых слоев бетона.

Шероховатость поверхности опалубки увеличивает ее сцепление с бетоном. Это происходит потому, что шероховатая поверхность имеет большую фактическую площадь контакта по сравнению с гладкой.

Высокопористый материал опалубки тоже увеличивает сцепление, так как цементный раствор, проникая в поры, при виброуплотнении образует точки надежного соединения.

При снятии опалубки может быть три варианта отрыва. При первом варианте адгезия очень мала, а когезия достаточно велика,

Усадка отрицательно влияет на адгезию, а следовательно, и на сцепление. Чем больше величина усадки в пристыковых слоях бетона, тем вероятнее появление в зоне контакта усадочных трещин, ослабляющих сцепление.

Под когезией в контакте понимают прочность на

В этом случае опалубка отрывается точно по плоскости контакта. Второй вариант — адгезия больше, чем когезия. При этом опалубка отрывается по клеящему материалу (бетону).

Третий вариант — адгезия и когезия по своим величинам примерно одинаковы. Опалубка отрывается частично по плоскости контакта бетона с опалубкой, частично по самому бетону (смешанный или комбинированный отрыв).

При адгезионном отрыве опалубка снимается легко, поверхность ее остается чистой, а поверхность бетона имеет хорошее качество. Вследствие этого необходимо стремиться к обеспечению адгезионного отрыва. Для этого формирующие поверхности опалубки выполняют из гладких плохо смачиваемых материалов или наносят на них смазки и специальные антиадгезионные покрытия.

Смазки для опалубки в зависимости от их состава, принципа действия и эксплуатационных свойств можно разделить на четыре группы: водные суспензии; гидрофобизирующие смазки; смазки — замедлители схватывания бетона; комбинированные смазки.

Водные суспензии порошкообразных веществ, инертных по отношению к бетону, являются простым и дешевым, но не всегда эффективным средством для устранения прилипания бетона к опалубке. Принцип действия основан на том, что в результате испарения воды из суспензий до бетонирования на формирующей поверхности опалубки образуется тонкая защитная пленка, препятствующая прилипанию бетона.

Чаще других для смазки опалубки применяют известково-гипсовую суспензию, которую готовят из полуводного гипса (0,6—0,9 вес. ч.), известкового теста (0,4—0,6 вес. ч.), сульфитно-спиртовой барды (0,8—1,2 вес. ч.) и воды (4—6 вес. ч.).

Суспензионные смазки стираются бетонной смесью при виброуплотнении и загрязняют бетонные поверхности, вследствие чего их применение редко.

Наиболее распространены гидрофобизирующие смазки на основе минеральных масел, эмульсолов ЭКС или солей жирных кислот (мыл). После их нанесения на поверхность опалубки образуется гидрофобная пленка из ряда ориентированных молекул (рис. 1-1, б), которая ухудшает сцепление материала опалубки с бетоном. Недостатки таких смазок — загрязнение поверхности бетона, высокая стоимость и пожароопасность.

В третьей группе смазок используются свойства бетона схватываться замедленно в тонких пристыковых слоях. Для замедления схватывания в состав смазок вводят мелассу, танин и др. Недостаток таких смазок — сложность регулирования толщины слоя бетона, в котором замедляется схватывание.

Наиболее эффективны комбинированные смазки, в которых используются свойства формирующих поверхностей в сочетании с замедлением схватывания бетона в тонких пристыковых слоях. Такие смазки готовят в виде так называемых обратных эмульсий. В некоторые из них помимо гидрофобизаторов и замедлителя схватывания вводят пластифицирующие добавки: сульфитно-дрожжевую

барду (СДБ), мылонафт или добавку ЦНИПС. Эти вещества при виброуплотнении пластифицируют бетон в пристыковых слоях и снижают его поверхностную пористость.

Состав некоторых комбинированных смазок типа обратных эмульсий и условия их применения указаны в табл. 1-4.

Таблица 1-4

Составы комбинированных смазок типа ЭСО—ГИСИ

Тип смазки	Количество компонентов, вес. ч.							Применение
	отработанное масло	напестковое жидкое	вода	10%-ный раствор авиационного керасолового шпика	эмульсия «Оксален-30»	3%-ный раствор мор. СДБ	3%-ный раствор ЦНИПСа	
ЭСО-24	2,5	1,2	—	4,0	—	—	—	Для фанерной и дощатой опалубки
ЭСО-25	2,5	1,25	—	1,25	—	0,5	—	Для деревянной и металлической опалубки
ЭСО-27	2,5	1,2	—	1,0	0,5	1,0	—	—
ЭСО-27А	2,5	1,2	0,5	1,0	0,25	—	1,0	—
ЭСО-29	2,5	1,0	—	1,0	0,15	—	0,5	—

Смазки ЭСО-ГИСИ готовят в ультразвуковых гидродинамических смесителях (рис. 1-2), в которых механическое перемешивание компонентов сочетается с ультразвуковым. Для этого в бак смесителя заливают компоненты и включают мешалку.

Установка для ультразвукового перемешивания состоит из циркуляционного насоса, всасывающего и напорного трубопроводов, распределительной коробки и трех ультразвуковых гидродинамических вибраторов — ультразвуковых свистков с резонансными клиньями. Жидкость, подаваемая насосом под избыточным давлением 3,5—5 кгс/см², истекает с большой скоростью из сопла вибратора и ударяется о клиновидную пластину. При этом пластинка начинает вибрировать с частотой 25—30 кГц. В результате в жидкости образуются зоны интенсивного ультразвукового перемешивания с одновременным делением компонентов на мельчайшие капельки. Длительность перемешивания 3—5 мин.

Эмульсионные смазки обладают стабильностью, они не расслаиваются в течение 7—10 сут. Применение их полностью устраняет прилипание бетона к опалубке; они хорошо удерживаются на формирующей поверхности и не загрязняют бетон.

Наносить эти смазки на опалубку можно кистями, валиками и с помощью распылительных удочек. При большом количестве щитов для их смазки следует применять специальное устройство (рис. 1-3).

Применение эффективных смазок снижает вредное воздействие на опалубку некоторых факторов. В ряде же случаев использовать

смазки нельзя. Так, при бетонировании в скользящей или подъемно-переставной опалубке применять такие смазки запрещено из-за их попадания в бетон и снижения его качества.

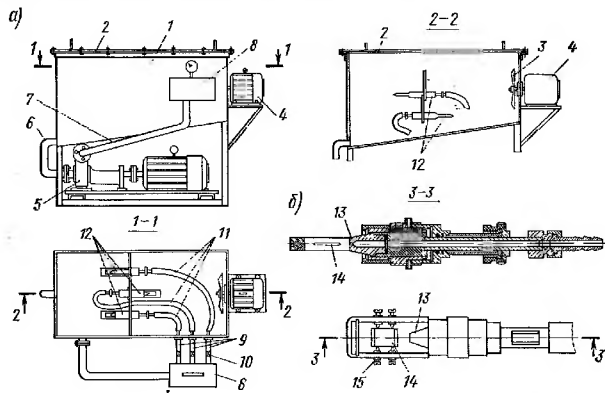


Рис. 1-2. Ультразвуковой гидродинамический смеситель для приготовления смазок: а — смеситель; б — вибратор; 1 — бак; 2 — крышка; 3 — крыльчатка; 4 — электродвигатель; 5 — циркуляционный насос; 6, 7 — трубопроводы; 8 — распределительная коробка; 9 — штуцер; 10 — вентиль; 11 — шланг; 12 — ультразвуковые вибраторы; 13 — цельняное сопло; 14 — вибрирующая пластинка; 15 — стопорные винты

Хороший эффект дают антиадгезионные защитные покрытия на основе полимеров. Их наносят на формирующие поверхности щитов при их изготовлении, и они выдерживают 20—35 циклов без повторного нанесения и ремонта. Такие покрытия полностью устраняют прилипание бетона к опалубке, улучшают качество его поверхности, а также защищают деревянную опалубку от намокания и коробления, а металлическую — от коррозии.

Для металлических щитов в качестве антиадгезионного покрытия рекомендуются эмаль СЭ-3, в состав которой входит эпоксидная смола (4—7 вес. ч.), метилполисилоксановое масло (1—2 вес. ч.), свинцовый глет (2—4 вес. ч.) и полиэтиленполиамин (0,4—0,7

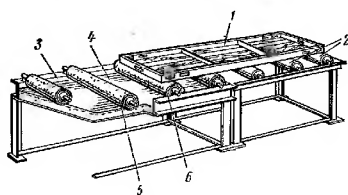


Рис. 1-3. Устройство для смазки опалубочных щитов: 1 — щит; 2 — ролик; 3 — валик; 4 — смазка; 5 — смазывающие валики; 6 — войлок

вес. ч.). Сметанообразную пасту из этих компонентов наносят на тщательно очищенную и обезжиренную металлическую поверхность кистью или шпателем. Покрытие твердеет при 80—140° С в течение 2,5—3,5 ч. Обработываемость такого покрытия достигает 50 циклов без ремонта.

Для дощатой и фанерной опалубки в ЦНИИОМТП разработано покрытие на основе фенолформальдегида. Его напыривают на поверхность щитов при давлении до 3 кгс/см² и температуре +80° С. Это покрытие полностью устраняет прилипание бетона к опалубке и выдерживает до 35 циклов без ремонта.

Несмотря на довольно высокую стоимость (0,8—1,2 руб/м²), антиадгезионные защитные покрытия выгоднее смазок в связи с их многократной обработываемостью.

Целесообразно применять щиты, палубы которых выполнены из гетинакса, гладкого стеклопластика или текстолита, а каркас — из металлических уголков. Такая опалубка износоустойчива, легко снимается и обеспечивает хорошее качество бетонных поверхностей.

ГЛАВА 2

КОНСТРУКЦИИ ОПАЛУБОК И ТЕХНОЛОГИЯ ИХ ИЗГОТОВЛЕНИЯ

§ 1. Инвентарная разборно-переставная опалубка

Опалубка состоит из небольших элементов, размеры и масса (до 50 кг) которых позволяет устанавливать и снимать их вручную. Размеры элементов нескольких типов дают возможность собирать опалубочные формы различных типоразмеров с принятым модулем.

С уменьшением модуля увеличивается универсальность опалубки и сокращается количество неинвентарных доборов; однако увеличивается количество типоразмеров элементов, повышается стоимость опалубки и усложняется производство опалубочных работ.

Благодаря простоте изготовления, несложной эксплуатации и универсальности разборно-переставную опалубку широко применяют во многих странах. Примерами могут служить опалубки фирм «Экроу», «НОЕ», «Консталь» (ФРГ), «Гелл» (Швеция), «Квик-форм» (Бельгия), «Униформ» (Нидерланды), «Монолит» (ЦНИИОМТП) и др.

Щиты опалубки выполняют различной конструкции и из разного материала. Они могут быть плоскими, плоскими с ребрами жесткости и каркасной конструкции. Плоские щиты имеют меньшую массу, но воспринимают они меньшие нагрузки. Поэтому при их использовании требуется применять большее количество несущих элементов. Применение каркасных щитов, выдерживающих большие нагрузки, позволяет выполнять все элементы примерно одинаковой массы, что упрощает технологию сборки.

Особенно часто плоские щиты используют для опалубки перекрытий. Установка их вручную по несущим балкам или фермам наиболее проста — их не нужно соединять друг с другом. Некоторые конструкции плоских щитов показаны на рис. 2-1.

Наиболее прост в изготовлении щит на шпильных планках. Однако такие щиты имеют невысокий срок службы, так как доски быстро выходят из строя. Из-за усушки и коробления досок образуются щели, забиваемые цементным молоком. Обработываются такие щиты всего три раза, качество поверхностей низкое. Защита торцов щитов значительно повышает срок службы.

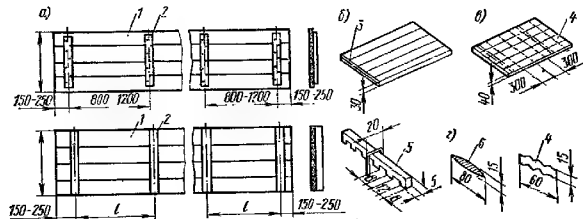


Рис. 2-1. Конструкции плоских щитов:

а — щит на шпильных планках; б — клееный; в — дощатый, сплоченный на металлических прутках, планках, вагелях; г — элементы для сличивания щита; 1 — палуба; 2 — шпильная планка; 3 — торцовая обойма; 4 — шпильки; 5 — стальной прутки; 6 — гвоздь

Резко можно увеличить обработываемость щитов заменой гвоздевого крепления клеевым и сборной досок на металлических планках или прутках. В этом случае доски щита работают как монолитная конструкция с перераспределением напряжений, доски коробятся незначительно. Такие щиты можно также использовать любой стороной. Обоймы, установленные на торцах щита, служат кроме защиты от повреждений также для соединения щитов между собой. Стальные профильные прутки, применяемые для соединения досок, также выполняют роль несущих ребер жесткости. Щиты такой конструкции имеют достаточно высокие прочностные показатели.

Щиты опалубки каркасной конструкции показаны на рис. 2-2.

Преимуществом клеевых конструкций каркасных щитов является высокая прочность и монолитность; каркас и палуба щита работают совместно, их можно рассчитывать как единую конструкцию. Преимущество щитов коробчатого сечения заключается в возможности использовать ребра для соединения щитов друг с другом и с несущими элементами.

Процесс изготовления штампованных щитов наиболее механизирован — ручных операций и затрат труда немного. Кроме того, при изготовлении можно получить оптимальный профиль щита с

малыми затратами материала и небольшой массой конструкции при обеспечении необходимой несущей способности.

Высокую жесткость и несущую способность имеют фанерные щиты с двойной палубой и сотовым каркасом. Кроме легкости и высоких прочностных характеристик такие щиты имеют хорошие теплоизоляционные свойства, позволяющие использовать их в зимнее время года.

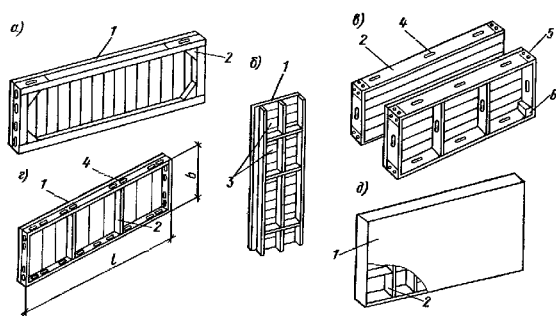


Рис. 2-2. Щиты каркасной конструкции:

а — дощатый клееный; б — с фанерной палубой по разреженному дощатому настилу; в — корытообразного сечения с деревянным каркасом; г — с металлическим каркасом и палубой из металла или других материалов; д — с сотовым каркасом и двойной палубой; 1 — палуба; 2 — каркас; 3 — разреженный дощатый настил; 4 — отверстия для соединения и крепления щитов; 5 — обойма из листового стали; 6 — бобышка

Соединения щиты между собой целесообразно быстроразъемными соединениями, которые должны обеспечить удобство в работе и достаточную прочность и жесткость всей системе. Наиболее удобны в установке и просты клиновые соединения. Однако недостаток их состоит в плохой устойчивости против вибрационных воздействий. Применяют также различного рода пружинные, эксцентрикные и другие соединительные элементы, надеваемые и снимаемые с помощью удара или специальных рычагов.

Для восприятия давления бетонной смеси между соседними плоскостями опалубки устанавливают стяжки, шаг которых зависит от жесткости и несущей способности опалубки. Для закрепления стяжек на несущих элементах опалубки используют специальные замки. Некоторые конструкции стяжек и замки для их закрепления показаны на рис. 2-3.

Унифицированные конструкции разборно-переставной опалубки наиболее широко применяют в промышленном строительстве в связи с разнообразием размеров монолитных конструкций и бетониро-

вания в течение года конструкций самого различного назначения и типа.

В ГДР широко применяется разборно-переставная опалубка УС-72 универсального назначения, разработанная строительно-монтажным комбинатом «Ост» для бетонирования различных конструкций промышленного строительства: фундаментов, стен, туннелей и др. Эта опалубка состоит из набора унифицированных щитов

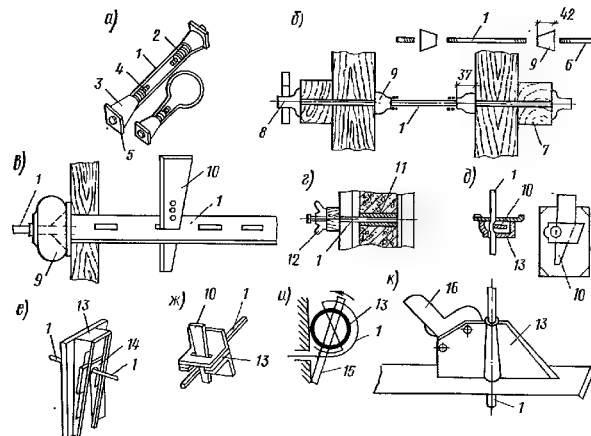


Рис. 2-3. Стяжки и замки для их закрепления на опалубке:

а — необорачиваемая стяжка; б — расчлененный тяз со средней частью, остающейся в бетоне; в — тяз с мягкой втулкой; г — стяжной болт из арматуры периодического профиля с гайкой; д — схема клинового замка; е — клиновый замок проволочных стяжек с односторонним их натяжением; ж — клиновый замок; з — рычажный замок для проволочных стяжек с натяжением; и — то же, эксцентрикового типа; 1 — стяжка; 2 — гайка; 3 — конусная втулка; 4 — инвентарный болт; 5 — шайба; 6 — концевые инвентарные части тяжа; 7 — скважина; 8 — клиновый замок; 9 — мягкая втулка; 10 — клин; 11 — защитная трубка; 12 — ось; 13 — корпус; 14 — клиновый замок; 15 — рычаг; 16 — рычаг с эксцентриком

тов, несущих схваток и ферм. Из унифицированных элементов можно собирать опалубочные поверхности различных конфигураций и размеров.

Палубы щитов изготавливают из древесноволокнистой плиты, покрытой с двух сторон синтетическим материалом (белазит). Такая плита выдерживает 15—20 оборотов и позволяет получать высокое качество поверхности бетонных конструкций.

Схватки служат поясами при сборке пространственных ферм. Внутри основных схваток можно заводить схватки меньшего сече-

зия для удлинения их. Другой пояс ферм состоит из тяг с винтовой регулировкой, что позволяет изменением наклона щитов и схваток изменять конфигурацию опалубки.

Опалубка УС-72 достаточно легка, ее можно собирать вручную. В ЦНИИОМТП разработана унифицированная конструкция разборно-переставной опалубки, применяемая для бетонирования фундаментов под колонны зданий и оборудование, стен, массивных

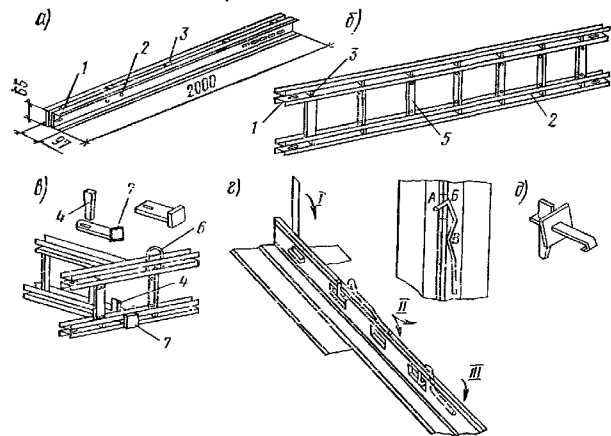


Рис. 2-4. Несущие элементы разборно-переставной опалубки и их соединения: а — схватка; б — ферма; в — узлы соединения ферм; г — соединения щитов пружинными скобами; д — крош — с клином соединения щитов со схватками; 1 — отверстие под клин; 2 — отверстие под винтовые петли; 3 — прокладка; 4 — клин; 5 — съемные планки переменного размера; 6 — монтажная петля; 7 — Т-образная косынка; 8, 9, 10, 11 — последовательность операций по соединению щитов; А, Б, В — точки контакта скобы с ребрами щита

блоков, туннелей и т. п. (см. рис. 2-7). Взаимозаменяемость элементов такой опалубки и возможность применения ее для бетонирования различных конструкций промышленных сооружений дают возможность эксплуатировать такую опалубку в течение года с высоким числом оборачиваемости. Цикличность и повторяемость операций с одинаковыми элементами позволяет выработать определенные навыки труда.

Щиты ЦНИИОМТП имеют каркасную конструкцию. В ребрах металлического каркаса предусмотрены отверстия, расположенные с шагом 100 мм, используемые как для соединения щитов между собой, так и для соединения их с несущими элементами. Палубой могут служить металлические листы толщиной 2 мм, доски толщи-

ной 28 мм, древесностружечные плиты, фанера и листовой пластик по разрезанному настилу.

Изготавливают также угловые щиты для образования наружных и внутренних углов. В качестве несущих элементов применяют схватки и фермы.

Имеющийся набор элементов позволяет собирать любые формы с модулем, равным 100 мм. Для бетонирования конкретных конструкций в каждом строительном тресте выбирают набор типоразмеров элементов, количество которых обычно не превышает 5—6 шт. Схватки (рис. 2-4) выполнены из двух швеллеров, соединенных с помощью прокладок на сварке. Фермы, предназначенные для образования пространственного каркаса опалубки ступенчатых фундаментов, а также для сборки каркасов крупноразмерных панелей и блоков, состоят из двух поясов-схваток, объединенных планками. Для соединения щитов используют специальные замки, щиты соединяют со схватками и фермами с помощью натяжных кроков с клиновыми или винтовыми запорками.

В качестве поддерживающих элементов опалубки перекрытий применяют телескопические стойки, раздвижные ригели, балочные струбцины и другие элементы (рис. 2-5). Прогонями при установке опалубки перекрытий служат типовые схватки.

Вследствие того что перекрытия промышленных сооружений рассчитаны на большие нагрузки и имеют значительно большие пролеты, чем перекрытия жилых зданий, применяют несколько типов поддерживающих элементов, рассчитанных на разные нагрузки. Для жилищного строительства используют облегченные элементы; телескопические стойки выполнены из труб. Базовая часть всех стоек (кроме облегченной стойки для жилищного строительства) одинакова. Применением набора вставок различной длины из труб меньшего диаметра получают стойки различного типоразмера.

Раздвижные ригели состоят из фермы и балки, которые можно перемещать друг относительно друга, обеспечивая перекрытие пролетов различной длины. Верхний пояс ригеля для удобства опирания щитов опалубки изготовлен сплошным шириной от 60 до 100 мм. Боковые и верхние грани опорных крошителей для облегчения распалубки выполнены конусными. В рабочем положении ригель фиксируется упорным болтом; при распалубке болт ослабляется, опорные крошители выходят из гнезд и ригель сдвигается, после чего его выводят из-под перекрытия.

Для установки опалубки применяются ригели, стойки или их комбинации. Стойки в зависимости от нагрузки располагают с определенным шагом и объединяют инвентарными связями. Для установки опалубки балок на верхний конец стойки надевают раздвижную струбцину. По стойкам на вылочные опоры, закрепленные на верхнем конце стойки, устанавливают прогоны, на которые устанавливают щиты опалубки (рис. 2-6). На прогоны опирают также раздвижные ригели. Их можно опирать также непосредственно на стены, но в этом случае в стенах должны быть сделаны опорные гнезда.

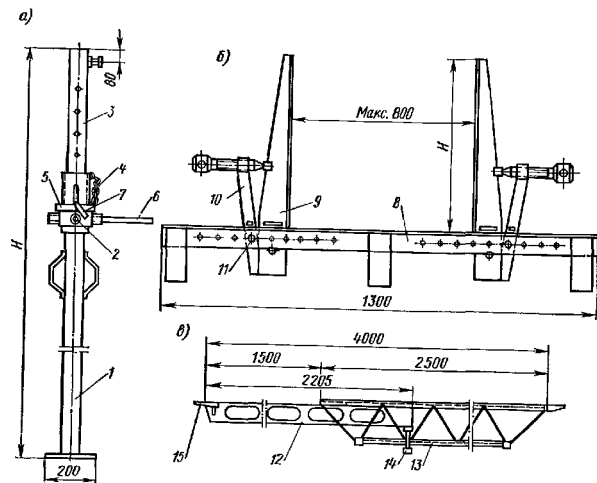


Рис. 2-5. Поддерживающие элементы опалубки наклонных и горизонтальных поверхностей:

а — телескопическая стойка; б — раздвижная струстина для опалубки; в — раздвижной ригель; 1 — базовая часть; 2 — домкрат; 3 — заставка; 4 — цепь для закрепления маяка; 5 — шайба; 6 — рукоять; 7 — палец; 8 — балка; 9 — съемные передвигающиеся крошечные; 10 — винтовые упоры; 11 — прижимные болты; 12 — выдвижная балка; 13 — пространственная ферма; 14 — соединительный болт; 15 — опорные пластины

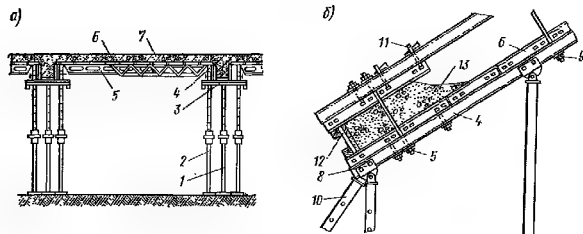


Рис. 2-6. Установка опалубки перекрытий и наклонных поверхностей:

а — опалубка перекрытия с балками; б — двухсторонняя опалубка наклонной плиты; 1 — телескопическая стойка, поддерживающая опалубку балок; 2 — то же, опалубку плиты; 3 — базовая струстина; 4 — прогон; 5 — раздвижной ригель; 6 — цанга; 7 — железобетонная плита; 8 — поворотные шкивы; 9 — натяжной крюк; 10 — подкос; 11 — натяжной крюк с клиновым замком; 12 — опалубка торца плиты; 13 — бетонная смесь

При бетонировании перекрытий на большой высоте целесообразно применять составные решетчатые стойки, на которые устанавливают телескопические стойки, характеристики которых приведены в табл. 2-1, а характеристики раздвижных ригелей — в табл. 2-2.

Таблица 2-1

Технические характеристики телескопических стоек

Марка стоек	Для промышленных зданий				Для жилых зданий			
	высота, мм		несущая способность, кгс	масса, кг	высота, мм		несущая способность, кгс	масса, кг
	мини-мальная	максимальная			мини-мальная	максимальная		
СТА-1	2000	3077	14 200—8500	38,7	2500	3500	4000—3000	30,0
СТА-2	3000	4077	8500—5500	46,0	—	—	—	—
СТА-3	4000	5077	5500—3600	53,0	—	—	—	—

Таблица 2-2

Технические характеристики раздвижных ригелей

Марка	Максимальная нагрузка, кгс/м²	Перекрыаемый пролет, м		Масса, кг
		минимальный	максимальный	
Р-1	690	2,5	4,0	55
Р-2	460	4,5	6,0	86
Р-3	630	3,0	5,0	100
Р-4	630	4,2	6,0	112
Р-5	1260	1,7	3,0	130

Для увеличения несущей способности телескопические стойки объединяют в трех- или четырехветвевые колонны при помощи инвентарных диафрагм.

Унифицированную разборно-переставную опалубку (рис. 2-7) применяют для бетонирования конструкции промышленных и жилых зданий.

Перед установкой опалубки выставляют маяки, на которые красной краской наносят риски, фиксирующие положение рабочей плоскости щитов опалубки и поддерживающих элементов.

Элементы опалубки, поддерживающих лесов и подмостей следует складировать как можно ближе к рабочему месту в штабелях высотой не более 1—1,2 м по маркам так, чтобы обеспечить свободный доступ к любому элементу.

Поднимать щиты, схватки, стойки и другие элементы, а также подавать их к рабочему месту на подмости нужно в пакетах под-

емными механизмами, а элементы креплений подавать и хранить в специальных контейнерах.

Собирать опалубку должны специализированные звенья рабочих. Количество звеньев в бригаде и их квалификационный состав определяются объемом работ. Смонтированную опалубку принимает мастер. При этом проверяют соответствие размеров и конфигурацию опалубки, совпадение осей с разбивочными осями конструкций, точность отметок, вертикальность и горизонтальность плоскостей, правильность установки закладных деталей, плотность стыков и сопряжений элементов опалубки между собой и с доборами по месту. Монтаж и демонтаж опалубки целесообразно вести крупноразмерными панелями и блоками с максимальным использованием средств механизации.

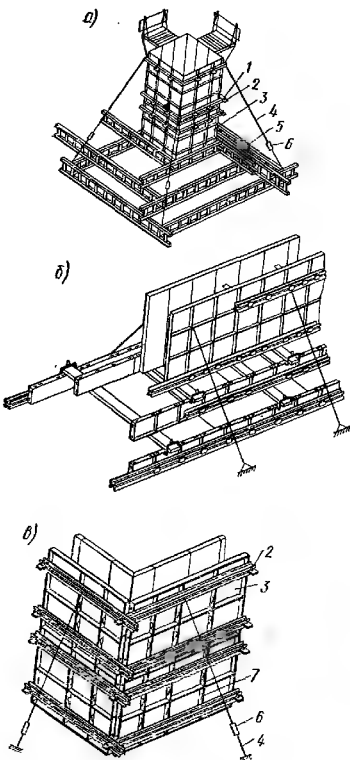


Рис. 2-7. Общий вид смонтированной опалубки: а — ступенчатого фундамента; б — ленточного фундамента; в — угла стен; 1 — клин для крепления схватки; 2 — угловое соединение схватки; 3 — щит опалубки; 4 — расчалка; 5 — ферма; 6 — фанкер; 7 — пружинная скоба

борки, часть щитов соединяют болтами. На щитах раскладывают схватки или фермы, соединяемые со щитами крюками с клиновыми запорками; часть крюков устанавливают с болтовыми соединениями. Поверх схваток, перпендикулярно им, устанавливают дополнительные связи жесткости, которые соединяют Т-образными болтами. Для этих связей можно использовать те же схватки.

После установки монтажных петель и подкосов панель устанавливают в вертикальное положение (при необходимости на нее навешивают рабочую площадку и стремянку).

Пространственные блоки собирают из панелей в вертикальном положении. Сначала размечают габаритные размеры в плане и по контуру устанавливают ограничители. После установки и выверки первой панели к ней прикрепляют монтажные уголки и устанавливают вторую панель, соединяя ее с монтажным уголком. После рихтовки панелей соединяют в углах схватки первой и второй панели.

Аналогично устанавливают остальные панели блока, затем навешивают рабочие площадки и стремянки. При сборке опалубочного блока подколонтника ступенчатого фундамента схватки устанавливают в «мельницу» со свободными консолями (с перепуском за внешнюю плоскость щитов опалубки). Следующую схватку устанавливают перпендикулярно первой по внешней плоскости щитов.

Перед монтажом опалубки по контуру бетонруемой конструкции устанавливают маяки, на которые наносят риски. Панель и блок устанавливают в строго вертикальное положение с помощью винтовых домкратов, установленных на подкосах. Панели и блоки больших размеров крепят расчалками. После монтажа при необходимости устанавливают стяжки, закрепляемые клиновым замком на схватках. Для увеличения шага установки тяжей и снижения расхода металла можно применять составные схватки, с накладками, а также горизонтальные фермы.

При демонтаже опалубки панели отсоединяют друг от друга и после строповки снимают замки, соединяющие тяжи. Затем отрывают опалубку от бетона и с помощью крана отводят ее от бетонированной конструкции до освобождения от тяжей. Опалубки панели площадью более 6 м² отрывают от бетона с помощью домкратов. При демонтаже замкнутых коробов ослабляют крепления в углах и панели смещают друг относительно друга, после чего крепления затягивают в новом положении.

Опалубку для конструкций высотой более 4 м собирают в несколько ярусов по высоте. Панели верхних ярусов опирают на нижестоящие или устанавливаются на опорные крошестейны, устанавливаемые в бетоне, после демонтажа опалубки нижних ярусов. Панели верхних ярусов можно устанавливать также на телескопические стойки.

При сборке опалубки криволинейного очертания применяют специальные трубчатые схватки. Щиты после соединения пружинными скобами разворачивают, в зазор между ребрами в стыке за-

бывают деревянные клинья. После сборки опалубки производят ее рыхтовку путем подблочки клиньев последовательно по диаметральным противоположным направлениям.

§ 2. Горизонтально перемещаемая [катучая] опалубка

Катучую опалубку применяют для бетонирования стен и перекрытий, а также туннелей открытым способом. Такой вид опалубки изготавливают с рамой или без нее. В рамной конструкции опалубочные поверхности подвешены к перемещаемой раме и могут сближаться с ней при распалубке.

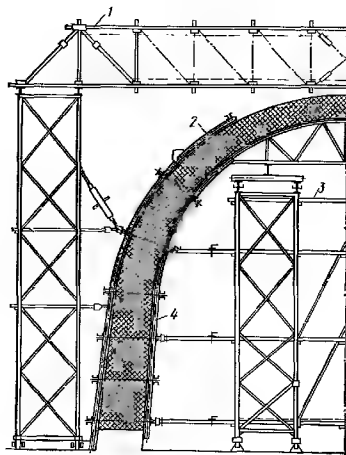


Рис. 2-8. Схема катучей опалубки фирмы «Акров-Вольф»:

1 — несущая рама внешней опалубки; 2 — внешняя опалубка; 3 — несущая рама внутренней опалубки; 4 — внутренняя опалубка

8000 кг. Щиты имеют длину 6—8 м и высоту 1,3 м, закреплены на перемещаемом портале. Портал можно раздвигать на разную толщину стен — до 600 мм. Щиты перемещают вверх по направляющим портала для перестановки на следующий ярус бетонирования. Их отрывают от бетона и перемещают горизонтально с помощью винтовых домкратов, а поднимают с помощью тросов.

Катучие опалубки достаточно широко используют многие зарубежные фирмы. На рис. 2-8 показан один из вариантов катучей опалубки фирмы «Акров-Вольф» (ФРГ). Использование такой опалубки позволяет бетонировать туннели с радиусом до 5 м со значительной толщиной бетонных сводов и длиной до 125 м. Внутренние опалубочные поверхности установлены на подвижной раме с помощью телескопических распорок. Вертикальные поверхности соединены с горизонтальной фермой шарнирно и могут поворачиваться при распалубке. Горизонтальная ферма установлена с возможностью перемещения относительно рамы. Наружные щиты шарнирно закреплены на перемещаемом портале с помощью телескопических распорок и отрывных устройств.

Опалубка конструкции Донецкого Промстройинициативного проекта (рис. 2-9) предназначена для поперечного бетонирования протяженных стен. Габариты опалубки 6700 × 5400 × 3900 мм, масса ее

На опалубке смонтированы бункер объемом 1,4 м³ с вибраторами для подачи бетонной смеси и рабочие подмости. Портал перемещают с помощью лебедок со скоростью 4—8 м/ч, скорость движения без укладки бетонной смеси 60—120 м/ч.

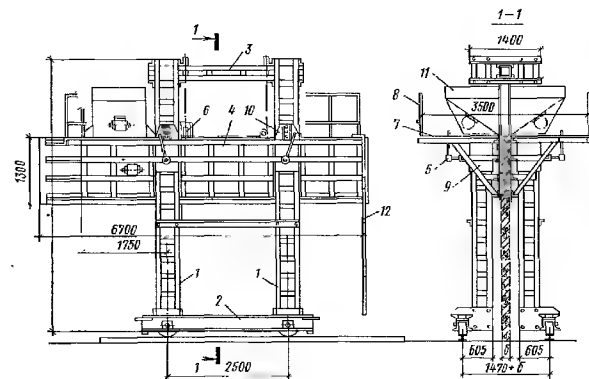


Рис. 2-9. Схема катучей опалубки конструкции Донецкого Промстройинициативного проекта: 1 — колонны портала; 2 — тележка; 3 — балка; 4 — щит опалубки; 5 — прижимное устройство; 6 — лебедка подъема щитов; 7 — настель; 8 — ограждение; 9 — полузвон; 10 — фиксаторы; 11 — бункер; 12 — лестница

Катучая опалубка для бетонирования туннелей и коллекторов прямоугольного сечения конструкции треста «Запорожстрой» показана на рис. 2-10. На перемещаемой тележке установлены вертикальные стойки с винтовым домкратом. Верхний щит — составной, он шарнирно закреплен на стойке. Вертикальные щиты соединены с горизонтальными на шарнирах. Щит устанавливают в рабочее положение и распалубливают вращением домкрата, установленного на стойке. При распалубке горизонтальный щит как бы переламывается и при опускании вниз тянет

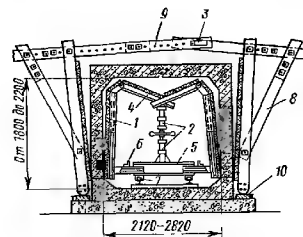


Рис. 2-10. Катучая опалубка для бетонирования прямоугольного туннеля (разрез):

1 — боковые щиты; 2 — центральная стойка с домкратом; 3 — продолговатое отверстие; 4 — горизонтальные щиты; 5 — тележка; 6 — уголок, соединяющий раму; 7 — катан; 8 — рама наружной опалубки; 9 — направляющая; 10 — направляющая доска

за собой вертикальные щиты; они тоже отрываются от бетона и поворачиваются.

Наружная досчатая опалубка закреплена на деревянных рамах, которые соединены в верхней части с помощью болтов. Рамы, установленные шарнирно, могут поворачиваться при установке в рабочее положение и при распалубке. Внутренняя опалубка перемещается по рельсам с помощью лебедок, наружную переставляют краном.

В такой опалубке можно бетонировать туннели и коллекторы шириной 210—280 см и высотой 180—220 см. Изменяют размеры с помощью отверстий, выполненных в раме с шагом 50 мм по высоте и 100 мм по ширине.

§ 3. Блок-формы

На современных стройках применяют индивидуальные и универсальные (переналаживаемые) блок-формы, представляющие собой заранее собранные пространственные опалубочные формы.

Благодаря применению внутренних вкладышей индивидуальные формы пригодны для бетонирования нескольких типоразмеров конструкций. По конструктивному исполнению блок-формы бывают неразъемные и разъемные. Неразъемные блок-формы (рис. 2-11) выполняют жесткой конструкции: при распалубке их можно оторвать от бетона без раздвижения плоскостей. Чтобы можно было слить неразъемные формы, их выполняют с конусностью. Для отрыва форм от бетона применяют домкраты, срыть их краном можно в исключительных случаях при достаточно большом запасе грузоподъемности крана, так как усилие сцепления с бетоном зависит от многих факторов, трудно поддающихся расчету: прочности бетона, качества поверхности, состава бетона, нагрузки при бетонировании, общей и местной деформации блок-форм, искривления поверхности и др. Примерные значения сцепления бетона с

Разъемные формы можно выполнить из четырех жестких поверхностей, соединенных в углах замками, которые позволяют поверхностям перемещаться относительно друг друга без отсоединения, и рамной конструкции. В рамных блок-формах опалубочные щиты подвешивают на периферийной раме, охватывающей опалубочные поверхности по периметру.

Таблица 2-3

Значения сцепления различных материалов с бетоном

Материал	Время твердения бетона в опалубке, ч		
	12	24	72
	Сцепление при отрыве под углом 45°, кгс/см²		
Сталь	530	550	1530
Текстолит	200	400	560
Фанера водостойкая	2000	2700	4300
Фанера с синтетическим покрытием (запресованные фенолформальдегидные пленки)	400	600	980

Индивидуальные разъемные блок-формы безрамной конструкции (рис. 2-12) для бетонирования ступенчатых фундаментов образуют опалубочные поверхности сторон всего фундамента — жестко

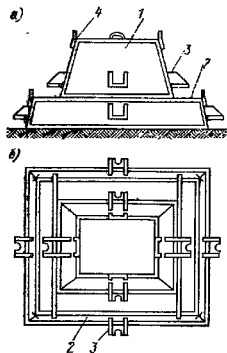


Рис. 2-11. Неразъемная блок-форма фундамента:

а — вид сбоку; б — план; 1 — форма подколонтника; 2 — то же, ступени; 3 — кронштейны для упора домкратов; 4 — монтажные петли

различными материалами приведены в табл. 2-3.

Для бетонирования замкнутых конструкций больших размеров применяют разъемные формы, поверхности которых раздвигают при распалубке и сдвигают при установке в рабочее положение.

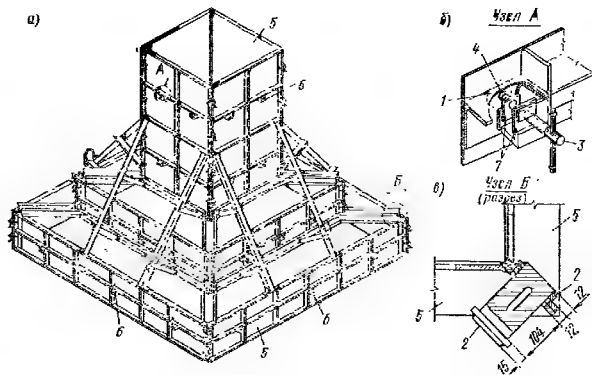


Рис. 2-12. Индивидуальная разъемная блок-форма:

а — общий вид; б — отрывное устройство; в — соединение в углах; г — опорная пластина; д — ограничитель соединительной пластины; е — винт; ж — пружина; з — створка; и — место установки съемных домкратов отрывных устройств; 7 — гайка

связанные крупные щиты опалубки одной стороны всех ступеней и подколонника. В углах поверхности примыкают друг к другу под углом 45° и соединяют жесткими пластинами с ограничителями. Закрепляют пластины клином, входящим в овальное отверстие пластины.

Для отрыва опалубки от бетона и раздвижки створок используют отрывные приспособления, установленные на всех плоскостях. Отрывное приспособление состоит из опорной пластины, упирающейся и бетон при распалубке, и стержня, соединенного с пластиной. Возвратная пружина устанавливает пластину в исходное положение после распалубки. Для отрыва применяют съемные винтовые домкраты со стержнем и гайкой. После распалубки съемные домкраты снимают и пружинная опорная пластина прижимается к поверхности формы. Число отрывных устройств принимают из расчета 1 шт. на 0,6 м² опалубочной поверхности и не менее 3 шт. на опалубочные щиты ступенчатой части фундамента. Форма отрывается от бетона после ослабления креплений в углах последовательным вращением винтовых домкратов на всех поверхностях начиная с верха формы к низу.

В ЦНИИОМТП разработаны чертежи таких форм, которые можно привязать для любых размеров фундамента максимально до 5000×5000 мм в плане. Привязка формы ведется подбором сечений элементов по таблицам с учетом размеров фундамента.

Рамная блок-форма конструкции ЦНИИОМТП состоит из жесткой цельносварной рамы, на которой шарнирно подвешены опалубочные щиты. Вследствие наклонного расположения подвесок и шарнирного крепления щитов при подъеме рамы во время распалубки щиты притягиваются к раме, отрываюся от бетона и отходят от него. При установке в рабочее положение (после установки рамы) щиты поднимают и закрепляют в углах клиновыми запорами.

Переналаживаемые блок-формы применяют для бетонирования конструкций нескольких типоразмеров одной серии монолитных конструкций. Переналадка осуществляется как заменой вставок или элементов, так и трансформацией, сдвижкой поверхностей относительно друг друга.

В ЦНИИОМТП разработаны блок-формы, в которых можно бетонировать все фундамента под колонны одно- и многостаянных промышленных зданий типовой серии I-412.

После привязки фундамента нескольких типоразмеров для возведения одного или нескольких зданий из унифицированного набора выбирают элементы секций с учетом количества фундаментам необходимых размеров и оборачиваемости блок-форм.

Блок-формы монтируют из опалубки ступеней и подколонника. Опалубка ступеней состоит из рамы с заменяемыми вставками, что позволяет изменять ее размеры. На раме подвешены щиты опалубки различных типоразмеров. Устанавливают опалубку ступеней, рихтуют и снимают ее с помощью домкратов, установленных на раме.

На конусные пальцы рамы устанавливают опалубку подколонника, которая состоит из набора взаимозаменяемых унифицированных секций разных типоразмеров. Всю опалубку подколонника по высоте собирают из нескольких секций, которые устанавливают друг на друга с помощью конусных штырей и закрепляют специальными замками. Секция состоит из четырех щитов, соединенных по углам.

Щиты соединены специальными шарнирными замками, которые позволяют одним движением раздвигать их и отрывать от бетона (при распалубке), а также сдвигать их при установке в рабочее положение.

Блок-форму можно устанавливать и снимать целиком краном, а также отдельно монтировать опалубку ступеней и подколонника. Секции подколонника можно тоже монтировать отдельно и целиком. Такого типа блок-формы, пригодные для бетонирования больших серий разнотипных конструкций, естественно, более металлоемки и имеют большую стоимость. Вместе с тем область их применения широка, кроме того, их можно использовать до полного износа.

Блок-формы до полного износа оборачиваются 200—300 раз. Однако индивидуальные формы обычно не используют до полного износа; несмотря на это, применение их в целом ряде случаев оказывается экономичнее разборно-переставной опалубки благодаря значительному снижению затрат труда. При необходимости бетонирования конструкций в высоком темпе блок-формы целесообразно применять даже при наличии 30—50 однотипных конструкций. Техничко-экономические показатели блок-форм приведены в табл. 2-4.

Таблица 2-4

Техничко-экономические показатели блок-форм

Блок-формы	Площадь рабочей поверхности, м ²	Оборачиваемость	Средняя оборачиваемость	Масса, кг/м ²	Трудоемкость опалубочных работ, чел.-ч/м ³
Индивидуальные: неразъемные	6—12	250	30—40	30—40	0,15
разъемные	6—40	220	30—40	30—50	0,2
Универсальные (переналаживаемые):					
на 6—6 типоразмеров	10—40	200	70—80	60—70	0,25
то же, на 10—20	10—40	180	90—100	80—100	0,4
то же, более 20	10—40	180	100—150	100—120	0,45

§ 4. Крупнощитовая опалубка

К простым типам опалубки из крупноразмерных опалубочных систем относится крупнощитовая. Щиты опалубки стен и перекрытий соответствуют по размерам бетонируемой ячейке здания, пло-

щадь щитов может составлять от 5 до 70 м² и более. Для бетонирования можно использовать щит и меньшего размера с определенным модулем, с тем чтобы собирать из них опалубочные поверхности для различных ячеек зданий с различными планировочными решениями.

Крупнощитовую опалубку часто применяют зарубежные фирмы. Примерами могут служить опалубки фирм «Батиметалл», «Фулке», «Штем», «Симпра» (Франция), «Хюнебек», «НОЕ», «Хейка» (ФРГ), «Альбетон», «Жерман» (Швейцария), «Ербо-ван-Бокстель» (Голландия) и др.

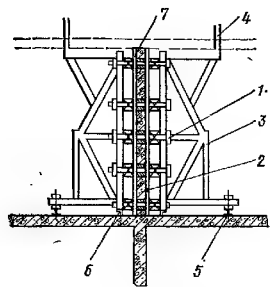


Рис. 2-13. Крупнощитовая опалубка (разрез):

1 — каркас щита; 2 — палуба щита; 3 — вертикальная ферма; 4 — подмости; 5 — винтовой домкрат; 6 — опора; 7 — стяжной болт

тойчивости опалубки и удобства рихтовки применяют дополнительные подкосы-стабилизаторы.

Особенность опалубки фирмы «Хюнебек» (ФРГ) (рис. 2-14) состоит в установке на щитах вертикальных плоских унифицированных несущих элементов типа AZ. Эти несущие элементы, выполненные из специальных профилей, имеют несколько типоразмеров в зависимости от характера бетонированных конструкций и рассчитаны на различные нагрузки. Ширина элементов AZ-50, AZ-27, AZ-16 составляет соответственно 50, 27 и 16 см, высота их от 100 до 300 см.

Горизонтальными несущими элементами служат унифицированные детали, соединяемые с элементами AZ. Последние можно устанавливать также горизонтально. При бетонировании зданий и сооружений несущие элементы AZ объединяют по высоте с помощью наклеек на болтах.

В комплекте с унифицированными элементами имеются подкосы с винтовыми домкратами и подмости с ограждением. Закрепление подкосы с помощью клиньев специальной конфигурации, подмости — болтами.

В качестве стяжных болтов применяют арматуру периодического профиля, закрепляя их на опалубке специальными гайками с опорными пластинами. Палуба щита выполнена из волостой фанеры, закрепляемой гвоздями по разреженному дощатому настилу, который гвоздями крепится к брускам, закрепленным в профиле элементов AZ.

Сборка щитов необходимых размеров из унифицированных элементов ведется на площадках, после чего их применяют для бетонирования серии монолитных зданий.

Крупнощитовая опалубка ГДР (рис. 2-15) выполнена с регулирующими вертикальными фермами щита, закрепленными на каркасе шарнирно, и телескопическими вертикальными балками. Такая конструкция позволяет менять размеры щитов (с заменой палубы) и их геометрию с получением криволинейных поверхностей, обратного прогиба, предварительного напряжения и т. д.

Высоту щитов принимают обычно равной высоте этажа.

Щиты изготовляют нескольких типоразмеров по длине с модульным изменением размеров. Масса опалубки составляет от

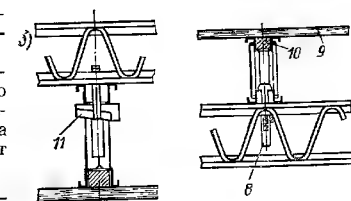
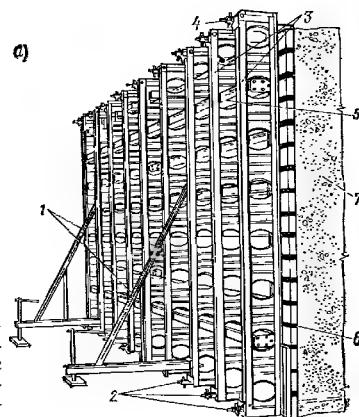


Рис. 2-14. Крупнощитовая опалубка фирмы «Хюнебек»:

а — общий вид; 1 — подкосы с винтовыми домкратами; 2 — стяжные болты; 3 — вертикальные унифицированные несущие элементы типа AZ; 4 — крепление стяжных болтов; 5 — горизонтальные унифицированные несущие элементы; 6 — палуба щита; 7 — бетон; 8 — соединение несущих элементов на клиньях; 9 — то же, стяжных элементов на болтах; 10 — соединительный элемент с отверстием под клин; 11 — палуба щита; 12 — деревянная прокладка; 13 — клин; 14 — болт и шайба

60 до 75 кг/м², оборачивается ее — от 200 до 400 раз, а использование фанерной палубы — до 100 раз.

Достаточно эффективную опалубку применяет голландская фирма «Ербо-ван-Бокстель» (рис. 2-16) в строительстве серий монолитных зданий. Одной из деталей в конструкции опалубки является горизонтальный уступ, выполненный в местах стыка палубы щита с откосником. Уступ расположен на отметке низа перекрытия, что позволяет получить строго фиксированную горизонтальную опорную площадку сборных перекрытий или четкую отметку при установке опалубки перекрытий.

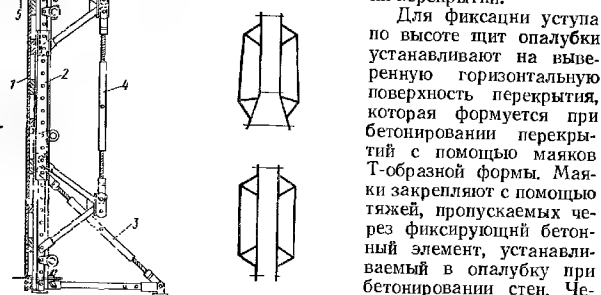


Рис. 2-15. Щит опалубки из составных несущих элементов с регулированием:

а — общий вид; 1 — палуба; 2 — вертикальные несущие элементы; 3 — регулируемый подкос; 4 — форма с регулированием положения элементов; 5 — стяжной болт; 6 — подмосты; б — возможные конфигурации щитов в схема их применения

между щитами опалубки, фиксируя толщину стен.

Для бетонирования перекрытий используют крупноразмерные опалубочные поверхности размером на квартиру или комнату здания (типа стола). Опалубка (рис. 2-17) состоит из горизонтального щита и опорной рамы. Рама выполнена из телескопических стоек, объединенных в жесткую конструкцию, и оборудована опорными

винтовыми домкратами и свободно поворачивающимися колесами. Раму перемещают по перекрытию нижележащего этажа на колесах. Устанавливают щит в рабочее положение и рихтуют винтовыми домкратами.

Имеется возможность изменять размеры опалубки при бетонировании перекрытий зданий с различными архитектурно-планировочными решениями.

В собранном виде на определенном размер перекрытия опалубку монтируют и переставляют краном без переустройства. Размеры стола опалубки могут соответствовать размерам целой квартиры, комнаты и состоять из отдельных секций, соединяемых в крупноразмерные поверхности. В последнем случае при демонтаже секции опалубки разъединяют и демонтируют из забетонированной ячейки краном по очереди. Демонтировать опалубку можно через большие проемы. При бетонировании зданий с замкнутыми ячейками опалубку разбирают на элементы и переносят на следующий этаж вручную, что повышает трудоемкость работ. Целесообразнее применять складывающиеся конструкции опалубок, которые можно извлекать через сравнительно небольшие проемы в стенах (например, оконные). Однако такая конструкция довольно сложна, для установки ее требуется тщательная подгонка и рихтовка.

Масса укомплектованной опалубки составляет от 50 до 75 кг/м². Фанерная палуба до полного износа оборачивается 100—150 раз, а металлические несущие элементы — 300—400 раз.

По проекту ЦНИИОМТП создана и применяется унифицированная система крупнощитовой опалубки, пригодная для возведения разных серий монолитных зданий с различными планировочными и объемными решениями. В опалубке можно бетонировать здания с расстояниями между стенами от 2,7 до 6,3 м с изменением размеров в этих пределах при модуле 30 см. Толщина бетонированных стен может составлять 12, 16 и 20 см, высота этажа — 2,8 и 3,0 м, толщина перекрытий — от 10 до 22 см. Такая опалубка



Рис. 2-16. Голландская система опалубка: 1 — откосы; 2 — бетонные вставки; 3 — стяжные болты; 4 — подкосы с домкратами; 5 — электрическая проводка; 6 — уступ на отметке низа; перекрытия

(рис. 2-18) состоит из щитов стен и крупноразмерных щитов перекрытий. Несколько типоразмеров щитов по длине позволяют собирать опалубку стен длиной от 2,7 до 6,3 м при длине щитов от 2,1 до 5,7 м.

Щиты состоят из унифицированных несущих элементов и заменяемой палубы, которую изготовляют из металла, дерева или водостойкой фанеры. Щиты необходимых типоразмеров собирают для возведения зданий определенной серии или с определенными уни-

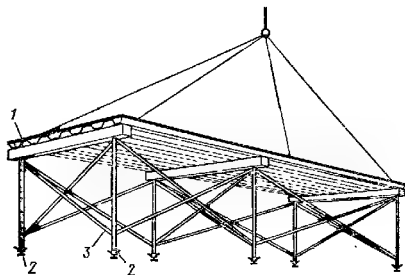


Рис. 2-17. Крупнощитовая опалубка перекрытий:
1 — горизонтальный щит; 2 — домкрат; 3 — рама

фицированными ячейками монолитных конструкций. Собирают щиты можно как на заводе-изготовителе, так и на стройке. В последнем случае сборка ведется на выровненных горизонтальных площадках с твердым покрытием.

Щит состоит из палубы, горизонтальных балок и вертикальных ферм. В нижней части ферм установлены подкосы с винтовыми домкратами. Фермы и домкраты можно использовать в щитах разных типоразмеров. В верхней части щитов установлены съемные откосники нескольких типоразмеров, замена которых позволяет изменить высоту щитов. Конфигурация откосника упираема сверху, что упрощает укладку бетонной смеси. На щите закреплены подмости для бетонирования.

Для большей устойчивости опалубки при необходимости применяют дополнительные регулируемые подкосы, закрепляемые в перекрытии. Стяжные болты, воспринимающие давление бетонной смеси, устанавливают в нижней части щитов и сверху, выше уровня бетонирования стен. Эти болты закрепляют на щитах клиновыми запорками.

Для удобства установки опалубки торцовых и фасадных стен применяют подмости, навешиваемые на стены здания нижележащего этажа. С этих подмостей (так же, как и с перекрытия) устанавливают стяжные болты и крепления, рихтуют опалубку.

Наружные щиты опалубки торцовых и фасадных стен имеют конструкцию, аналогичную щитам внутренних стен, но большую высоту, что позволяет перекрывать торцы перекрытий.

Соединяют щиты в углах с помощью угловых вставок, устанавливают которые винтовыми стяжками, закрепляемыми с помощью фигурных прокладок к каркасу щитов. Таким же путем соединяют доборные вставки к щитам по длине стен. Для удобства обслуживания опалубки применены навесные стремянки.

Доборные вставки применяют для формирования прямоугольных участков стен в местах их Т-образного пересечения. Кроме того, в комплект опалубки входит набор элементов для монтажа опалубки из типовых щитов некоторых специфических ячеек зданий (например, коридорной системы).

Вдоль фасадов возводимых зданий предусмотрены специальные подмости с ограждениями для безопасного выполнения работ на захватке.

Предусмотрено также применение железобетонных маяков для точной установки щитов опалубки в плане и фиксации проектной толщины стен (расстояние между щитами опалубки). В железобетонных маяках имеются втулки для крепления наружных подмостей.

Комплект крупнощитовой опалубки стен и перекрытий позволяет возводить здания с монолитными ячейками различных размеров.

В опалубке можно возводить здания с замкнутыми ячейками, в том числе с монолитными наружными стенами и перекрытиями. Последние можно бетонировать как после бетонирования стен и

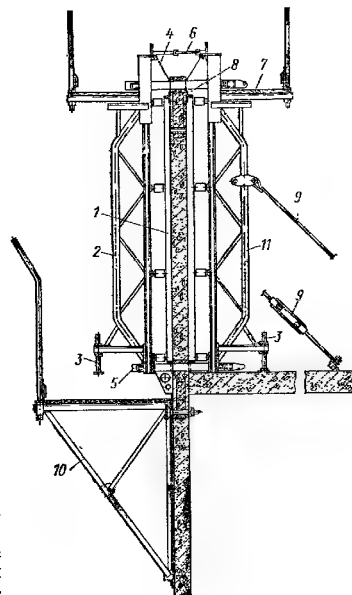


Рис. 2-18. Унифицированная крупнощитовая опалубка конструкции ЦНИИОМТП:

1 — щит; 2 — вертикальная ферма; 3 — домкрат; 4 — верхняя вставка с откосом; 5 — стяжка откосов; 7 — подмости для бетонирования; 8 — бетонная вставка; 9 — страховочный регулируемый подкос; 10 — монтажные подмости наружных стен; 11 — ферма

демонтажа опалубки, так и одновременно со стенами. В этом случае опалубку перекрытий устанавливают одновременно с монтажом опалубки стен.



Рис. 2-19. Монтаж наружных стен и балконных плит после установки опалубки внутренних стен



Рис. 2-20. Бетонирование внутренних стен в крупнощитовой опалубке конструкции ЦНИИОМТП с последующим монтажом сборных перекрытий

от бетонирования монолитных конструкций, что позволяет выделить в потоке разнотипные операции.

Как монолитные, так и сборные наружные стены можно возво-

дить до бетонирования внутренних или одновременно с ними. На рис. 2-19 показан монтаж наружных стен на захватке после установки опалубки, на рис. 2-20 — бетонирование монолитных стен в Вильеусе в крупнощитовой опалубке конструкции ЦНИИОМТП с последующим монтажом сборных перекрытий.

При бетонировании замкнутых монолитных ячеек желательно применять сборные перекрытия, в противном случае потребуются разборно-переставная опалубка, демонтируемая и переставляемая вручную, что повышает трудоемкость работ и снижает качество поверхности потолков.

§ 5. Крупноблочная опалубка

Крупноблочную опалубку применяют для бетонирования замкнутых ячеек стен при небольших пролетах. Она представляет собой опалубку ячейки из четырех стен, объединенных в единый блок, целиком снимаемый и устанавливаемый краном. При демонтаже с помощью гидравлических или механических домкратов откидываются вставки и сближают щиты опалубки. Можно применять жесткие блоки, выполненные на конус. Опалубку в этом случае отрывают от бетона с помощью домкратных устройств. Наиболее целесообразно использовать крупноблочную опалубку для бетонирования лифтовых шахт и лестничных клеток. В качестве наружной опалубки в этом случае применяют крупнощитовую или крупноблочную с раздвижкой щитов наружу.

Крупноблочную опалубку изготавливают в нескольких вариантах.

Наиболее часто ее выполняют из четырех жестких щитов, стягиваемых тягами с винтовым домкратом, шарнирно закрепленными на смежных или противоположных щитах. В углах щиты соединяют гибкими или жесткими вставками. В последнем случае нужно обеспечить возможность распалубки щитов. Жесткие в углах вставки извлекают до или после распалубки основных щитов, кинематически связанные со щитами вставки можно распалубивать одновременно со щитами.

В качестве примера такого конструктивного решения на рис. 2-21, а показана швейцарская система опалубки. Для изменения размеров щиты опалубки разрезаны посередине пролета; в этом месте при перемонтаже опалубки можно установить вставки разных типоразмеров. Смежные щиты соединены в углах тягами с винтовой резьбой, которые позволяют отрывать щиты от бетона и устанавливать в проектное положение. Угловая вставка шарнирно закреплена на рычагах щитов так, чтобы при смещении щитов внутрь и сближении вставку можно было оторвать от бетона и притянуть щитами внутрь.

Достаточно распространена опалубка с гибкими щитами, которые при распалубке изгибаются, после чего их отрывают от бетона и стягивают к центру забетонированной ячейки. Стягивают щиты можно гидравлическими и механическими домкратами. Щиты изготовляют угловыми с соединением посередине пролета стены или

плоскостями, соединенными в углах, со вставками и дополнительными гибкими связями.

Примером такого решения может служить показанная на рис. 2-21, б французская система опалубки. Опалубка имеет центральную поворотную стойку, на которой шарнирно закреплены тя-

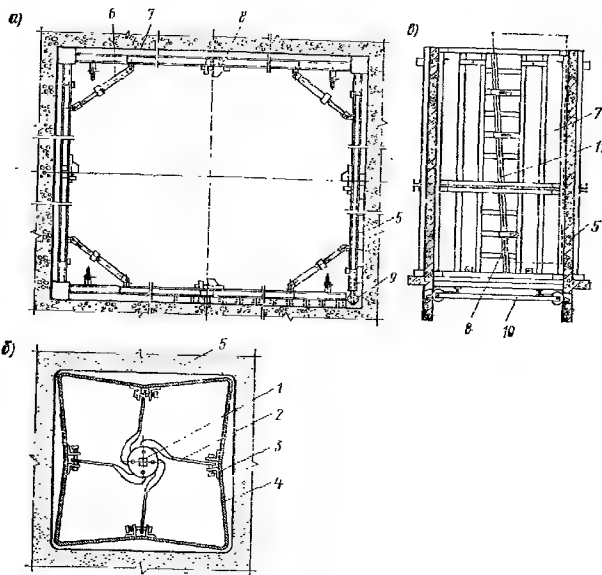


Рис. 2-21. Крупнощитовая опалубка:

а — с угловыми вставками; б — с гибкими щитами; в — с конусными щитами; 1 — центральная стойка; 2 — тяги к щитам; 3 — гибкие щиты; 4 — соединения щитов; 5 — бетон; 6 — стяжная регулируемый элемент; 7 — щиты; 8 — соединения щитов; 9 — угловая вставка; 10 — поддерживающая балка; 11 — косой сдвиг щитов

ги, соединенные также шарнирно с гибкими щитами. При распалубке вращением центральной стойки угловые щиты изгибаются и притягиваются к центру; устанавливают опалубку в рабочее положение обратным вращением стойки.

Для бетонирования небольших размеров ячеек (например, лифтовых шахт) можно применять цельносварную жесткую опалубку, выполненную на конус. На усилие сцепления опалубки с бе-

тоном значительно влияет точность изготовления, а также повышенная деформативность плоскостей опалубки, приводящая к неравномерным изгибам и искривлениям поверхностей. Поэтому применять краны для демонтажа такой опалубки можно только при достаточном коэффициенте запаса и обеспечении безопасных условий работ. Однако большей частью для отрыва опалубки от бетона применяют домкратные устройства, после чего опалубку извлекают из забетонированной ячейки и переставляют на следующую захватку краном.

Для снижения усилия срыва опалубки с бетона и возможности бетонирования крупноразмерных ячеек применяют опалубку, состоящую из отдельных частей, выполненных на конус.

Как пример такой опалубки на рис. 2-21, в показана блочная система французской фирмы «Утинор». Опалубка выполнена из четырех углов щитов, соединяемых со смежными щитами по наклонной линии. При распалубке вытягивают сначала два противоположных щита, образующих своего рода клиновое соединение. При извлечении этих щитов они тянут за собой два смежных щита, которые, имея шарнирные соединения с прорезями, скользящими относительно пальцев, отрываются от бетона и стягиваются к центру.

§ 6. Объемно-переставная опалубка

Объемно-переставная опалубка представляет собой крупноразмерный опалубочный блок, включающий опалубку стен и перекрытий, который монтируют и переставляют с помощью крана. Опалубка состоит из пространственных секций П-образной формы, которые при соединении образуют «туннели» опалубки на квартиру или во всю ширину здания. Секции опалубки имеют переменную ширину в зависимости от принятого шага стен и различную длину.

Бетонную смесь укладывают между «туннелями» опалубки для образования стен и на секции при бетонировании перекрытий. При демонтаже секции опалубки как бы сжимаются, для чего сдвигают внутри забетонированного «туннеля» боковые щиты опалубки (щиты стен), перемещают вниз горизонтальный щит (перекрытий). Затем секцию перекатывают по перекрытию к открытому фасаду или проему в перекрытии и извлекают краном.

Применение трансформируемой объемно-переставной опалубки для разных пролетов перекрытий при переменной их глубине, расположении относительно друг друга и ориентации «туннелей» позволяет получать разнообразные объемно-планировочные решения зданий.

Вместе с тем применение объемно-переставной опалубки накладывают определенные технологические ограничения: необходимо оставлять проемы или открытые фасады для извлечения опалубки, иметь более четкую планировку и т. п. Кроме того, объемно-переставная опалубка имеет более сложную, чем крупнощитовая, конструкцию и большую стоимость. Поэтому применять ее целесооб-

разно для возведения большой серии монолитных зданий в одном районе с высоким темпом оборачиваемости опалубки.

Секции опалубки имеют различные конструкции. Рамная конструкция включает несущую раму с навешенными на ней боковыми щитами и установленным горизонтальным щитом.

Боковые щиты могут перемещаться относительно рамы, удаляясь от нее при установке в рабочее положение и приближаясь при распалубке. Горизонтальный щит перемещается относительно рамы или вместе с ней. В последнем случае на раме установлены домкраты, с помощью которых можно поднимать и опускать всю секцию.

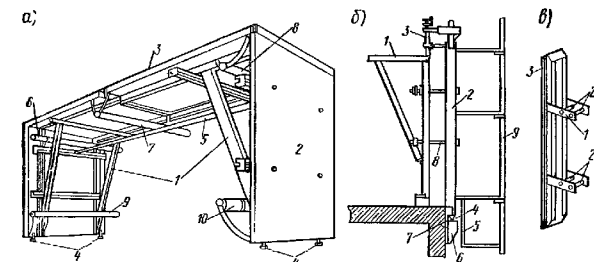


Рис. 2-22. Объемно-переставная опалубка фирмы «Сектра»:

а — общий вид опалубки: 1 — подкосы; 2 — боковой щит; 3 — горизонтальный щит; 4 — винтовые домкраты; 5 — регулируемая стяжка боковых щитов; 6, 7, 8, 9, 10 — трубопроводы горячей воды; 6 — установка щитов торцовых стен; 1 — секция опалубки; 2 — щит торцовой стены; 3 — верхний опорный домкрат; 4 — нижний опорный домкрат; 5, 9 — подкосы; 6 — опорный элемент щита; 7 — выкладка в стене; 8 — стяжные болты; 9 — установка приспособов; 10 — пластины; 2 — трубки для пропуска стяжных болтов; 3 — поверхность, ограничивающая проем с прокладками

Секции безрамной конструкции состоят из боковых и горизонтального щитов Г-образной формы. Для увеличения жесткости такие щиты оборудуют подкосами, фермами и т. д.; они могут изменять свое положение при установке и распалубке.

Конструкция объемно-переставной опалубки была предложена и запатентована во Франции в конце 1950-х гг. Опалубка получила фирменное название «Сектра» по названию акционерного общества. Уже через год система в Англии была усовершенствована. В следующие годы такой метод строительства был применен в Швеции, Испании, Голландии и затем распространился во всем мире.

Секция опалубки фирмы «Сектра» (рис. 2-22) имеет ширину 1,5 м, высоту 2,5 м и переменную длину до 5,7 м в зависимости от принятого шага поперечных стен. Масса секции от 900 до 1350 кг, масса 1 м² составляет 85 кг. Оборачивается эта опалубка до 700 раз. Трудоемкость опалубочных работ составляет 0,15 чел.-ч/м². Секция опалубки состоит из двух жестких полукаркасов, на которых

болтами закреплены щиты опалубки, два вертикальных и один горизонтальный, разделенный по середине пролета. В центральной части горизонтальный щит соединен при помощи специального замка.

Секции опалубки устанавливают на швеллерный путь, по которому их можно перемещать поперек здания. Пути прокладывают вдоль бетонироваемых стен. Четыре опоры установлены на каркасе секции и представляют собой шар, который позволяет передвигать секции, поворачивать полукаркасы и перемещать в поперечном направлении. На опорах закреплены винтовые домкраты, при помощи которых всю секцию опалубки можно поднимать при установке в рабочее положение или опускать при распалубке. Фиксируют секции в рабочем положении при помощи штыря, который упирается во внутреннее ребро швеллера. Для освобождения опалубки стен распорки стягивают вертикальные опалубочные поверхности. При помощи домкратов 4 и распорки 5 устанавливают секции в рабочем положении.

Для обогрева бетона к щитам опалубки с внутренней стороны туннеля крепят трубы, которые служат также элементами жесткости щитов. Горячую воду подают по трубам 6 и 8, подвешенным на секции опалубки. Она проходит через каналы щитов и попадает в трубопроводы 7, 9 и 10. Все трубопроводы теплоизолированы и соединены при помощи быстроразъемных замков.

Для образования оконных и дверных проемов на опалубке закрепляют вставки (рис. 2-22, в), которые используют и в качестве опалубки торца поперечных стен.

На вставке приварены по две пары (сверху и снизу) пластины 1 с трубами 2 между ними. Через какую-либо из труб в зависимости от места установки вставок пропускают болты (стяжки, применяющиеся при соединении секций соседних туннелей опалубки для восприятия давления бетонной смеси) и закрепляют на каркасе секции. По периметру на вставках наклеены эластичные прокладки (неопреновые) 3 для герметизации стыка.

При бетонировании торцовых стен здания используют специальные щиты опалубки (рис. 2-22, б).

Торцовые щиты устанавливают после монтажа основных секций опалубки 1. Торцовый щит 2 прижимается к верхнему краю стены нижележащего этажа, и верхний домкрат 3 упирается в горизонтальный щит секции опалубки. Нижней частью щит при помощи домкрата 4 и шаровой опоры опирается на швеллеры 6, уложенные на две консоли, которые закреплены в бетонные стены при помощи анкерных болтов 7. Затем устанавливают стяжные стержни 8 для восприятия давления бетонной смеси и верхний домкрат поднимают. При укладке бетонной смеси верхний болт 7 тоже замоноличивают в бетоне.

При распалубке верхний домкрат упирают в отформованное и затвердевшее перекрытие, что облегчает извлечение стяжных и крепежных болтов. Торцовый щит оборудован подмостями 9 с ограничением.

Опалубка системы «Тракоба» (Франция) имеет размеры $3,7 \times 4,5$ м; высота секции 2,5 м. Масса секции опалубки достигает 4 т при 114 кг/м^2 .

Для тепловой обработки бетона по методу фирмы «Тракоба» применяют колпак с пластмассовым покрытием. Разбирают опалубку с помощью гидродомкратов.

В опалубке «Тракоба» можно бетонировать целиком квартиру без набора «туннеля» из отдельных секций. Это позволяет получить

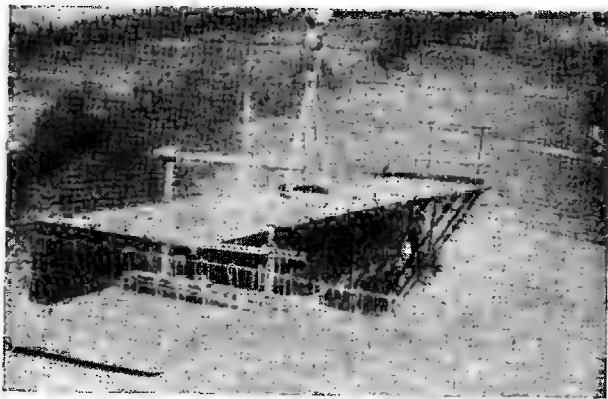


Рис. 2-23. Демонтаж объемно-переставной опалубки фирмы «Утинор» крупноразмерными секциями

хорошее качество поверхности и избежать появления наплывов в местах стыкования секций. Однако опалубка имеет довольно большую массу.

Особенностью металлической опалубки фирмы «Утинор» (Франция) (рис. 2-23) является разрез секции на независимые Г-образные полусекции и промежуточные пространственные вставки. Это позволяет в довольно широких пределах варьировать размеры бетонизируемых ячеек, а также устанавливать и демонтировать опалубку (при больших пролетах стен) отдельными частями, для чего достаточны краны небольшой грузоподъемности. Поэтому такая система опалубки широко применяется при возведении высотных зданий, коттеджей и домов в сельской местности. Несмотря на то что секции имеют довольно большие габариты по ширине, масса их небольшая — 75 кг/м^2 . Высота опалубки 265 см. Она оборачивается до 300 раз; трудоемкость опалубочных работ $0,25 \text{ чел.-ч/м}^2$.

Опалубка «Утинор» является примером максимально унифицированной; она хотя и относится к объемно-переставной, по характеру является гибкостью применения, подобно крупнощитовым опалубкам. Отдельные секции можно использовать без соединения их в общую секцию; при этом используют только боковые щиты, которые присоединяют к полусекциям. Французская опалубка «Батиметалл» показана на рис. 2-24. Она массивнее и сложнее опалубки «Утинор», при удельной массе 89 кг/м^2 максимально отдельный элемент весит 2700 кг. Опалубка состоит из боковых несущих вертикальных балок, расположенных через 1,5 м. К этим балкам шарнирно закреплены верхние балки, выполненные в виде попереч-

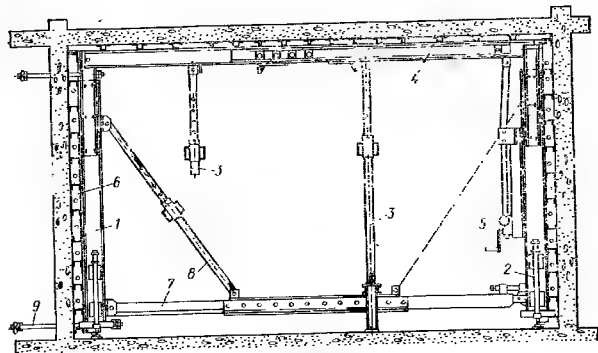


Рис. 2-24. Опалубка фирмы «Батиметалл»:

1 — вертикальный щит; 2 — домкрат; 3 — телескопическая стойка; 4 — балки горизонтального щита; 5 — распалубочное устройство; 6 — опалубка; 7 — нижние балки; 8 — подкос; 9 — стяжной болт.

Все рамные конструкции секции опалубки имеют большой вес и металлоемкость. Однако они имеют и некоторые преимущества: жесткая рама является как бы базой установки опалубочных плоскостей, которые выставляются относительно нее. Способы подвески щитов, установки их в рабочее положение и распалубки различны и в ряде конструкций запатентованы. Приспособление горизонтального щита к боковым также различно, шарнирно закрепляемые на боковых щитах, угловые вставки, в том числе выполненные из эластичных материалов, гибкие плоские профильные материалы и др. Во всех случаях стыковка горизонтального и боковых щитов является узким местом и не всегда удается получить достаточно надежное сопряжение и угол помещения, не требующий дополнительной обработки. Примером объемно-переставной опалубки рамной конструкции

может служить французская металлическая опалубка системы «Штем». Удельная масса 96 кг/м^2 при максимальной массе отдельного элемента 2700 кг . Оборачивается опалубка до 400 раз; трудоемкость работ $0,15 \text{ чел-ч/м}^2$.

Рамная конструкция опалубки позволяет навешивать на раму не только боковые внутренние, но и наружные щиты стен (рис. 2-25). Такую опалубку изготовляют с горизонтальным щитом и без него. В первом случае стойки для установок балки, на которую подвешивают дополнительные щиты, пропускают через горизонтальный щит, а в перекрытии оставляют отверстия.

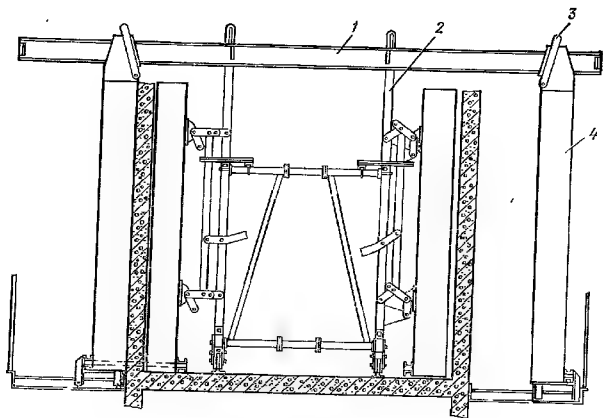


Рис. 2-25. Опалубка с консольно подвешенными наружными боковыми щитами:
1 — балка; 2 — стойки центральной рамы; 3 — шарнирная подвеска щитов; 4 — боковые наружные щиты

На раме установлены удлиненные стойки. На них размещена горизонтальная балка, на консолях которой шарнирно закреплены наружные щиты. Они могут перемещаться вдоль балки и поворачиваться на некоторый угол, что обеспечивает возможность распалубки и бетонирования стен различной толщины. При навешивании на балку нескольких щитов в одной опалубке можно бетонировать несколько параллельных стен, что особенно целесообразно при бетонировании продольных стен протяженных зданий.

Новое направление в применении объемно-переставной опалубки изыскала фирма «Хюннебек», которой разработаны новая конструкция опалубки (рис. 2-26) и способ демонтажа, позволяющие обходиться без консольных подмостей, специальных траверс и других приспособлений.

Опалубку можно монтировать крупноразмерными туннелями без разборки на отдельные секции, что позволяет повысить производительность труда и получать поверхности в пределах помещений без перепадов и рывков. Фирма применяет «туннели» опалубки длиной по $12\text{--}14 \text{ м}$ благодаря достаточно легкой опалубке (55 кг/м^2), что достигнуто применением специальных профилей. Затраты труда на 1 м^2 опалубываемой поверхности составляют $0,1 \text{ чел-ч}$.

Для выкатывания такого туннеля применяют тележку на мягких катках, оснащенную гидравлическим тормозом. При распалубке тележку подводят под опалубку, которую закрепляют на ней. Опалубку строят и выкатывают из туннели. После того, как переднее колесо тележки съедет с перекрытия, усилие передается на пластину гидравлического тормоза; колеса тележки затормозятся и опалубка заклинится между забетонированными перекрытиями. После этого делают вторую строповку, тормоз опускают и опалубку извлекают краем из здания. Для усиления нижнего перекрытия под него устанавливают телескопические стойки. Наряду с явными преимуществами крупноразмерных туннелей опалубки, способ демонтажа ее достаточно сложен и небезопасен.

Проще вести монтаж и демонтаж крупноразмерными секциями в опалубке фирмы «Утипор» (см. рис. 2-23). Демонтаж ведут с помощью подмостей с откидным ограждением. Секцию длиной до 12 м перекатывают за габариты подмостей до появления строповочного отверстия, после чего ее строят и извлекают из туннеля движением каретки крана. Для распределения усилий под секций ют из туннеля движением каретки крана. Для распределения усилий под секций ют из туннеля движением каретки крана. Для распределения усилий под секций ют из туннеля движением каретки крана. Для распределения усилий под секций ют из туннеля движением каретки крана.

Крупноразмерные «туннели» опалубки фирмы «Хюннебек» составляют из секций пролетом от $2,5$ до $6,0 \text{ м}$, шириной 2 и $2,5 \text{ м}$. Их соединяют центрирующими замками с накидным комутом и пальцем. При повороте рычага путем эксцентричного закрещения натягивают комут и палец входит в отверстие замка соседней секции.

Горизонтальный и боковые щиты секции соединены между собой четырехзвенными шарпирами с ручкой-рычагом, поворот которой позволяет одновременно отрывать и отводить от бетона боковой и горизонтальный щиты и устанавливать их в рабочее положение.

В нашей стране применяют объемно-переставную опалубку различных конструкций. ЦНИИОМТП была разработана унифицированная объемно-переставная опалубка (рис. 2-27).

Секция опалубки состоит из Г-образных жестких щитов, включающих боковые поверхности и часть горизонтальных. Щиты соединены регулируемым подкосом. Г-образные щиты соединены между собой шестизвенным шарпирным механизмом с помощью закрепленных шарпирно подкосов, регулируемых по длине. На шарпирном механизме горизонтально установлены винтовой регулятор и центральная вставка. В нижней части боковых щитов установлены поворотные катки и винтовые домкраты. Г-образные щиты соединены, кроме того, поверху горизонтальной связью. Для установок торцовых щитов применены консольные подмосты, навешиваемые на стену. Для бетонирования коридоров применяют коридорные секции. Стропуют секции за строповочные пальцы. Для пропуска их используют отверстия в горизонтальном щите, которые применяют для установки опалубки маяков. Стropовочный палец с головкой пропускают в отверстие щита, откидывают поворотный упор в нижней части, положение которого определяется фиксатором.



а — общий вид установки опалубки; 1 — телескопическая штанга; 2 — подмости; 3 — шит наружных стен; 4 — подкос; 5 — домкрат; 6 — тележка для извлечения опалубки; 7 — ступенька сотового материала; 8 — стропильное устройство; 9 — стропильные пальцы; 10 — шарнирное соединение в углах; 11 — в рабочем положении; 12 — при установке; 13 — в сложенном состоянии; 14 — в сложенном состоянии; 15 — стропильная пазы; 16 — в положении отворачивания; 17 — в положении для строповки



а — общий вид; б — подмости для демонтажа опалубки; 1 — регулируемый полосек; 2 — л-образный пил; 3 — центральная вставка; 4 — пружины; 5 — парный раскладной механизм; 6 — вытисной регулятор парного механизма для установки в рабочее положение хвостом; 6 — вытисной регулятор парного механизма для установки в рабочее положение хвостом; 7 — демпфер; 8 — катки; 9 — опалубка; 10 — монтажные подмости; 11 — регулируемая тяга; 12 — фиксатор; 13 — установочный рычаг

Поверхности секций устанавливают в рабочее положение с помощью винтовых домкратов, установленных на боковых щитах, и шарнирного механизма.

При распалубке поднимают винтовые домкраты и вращением винтового регулятора Г-образные щиты открываются от бетона, сближаются и всю секцию опускают на катки. Перед сближением щитов центральную вставку опускают вниз.

Секции между собой по длине туннеля соединяют с помощью центрирующих замков.

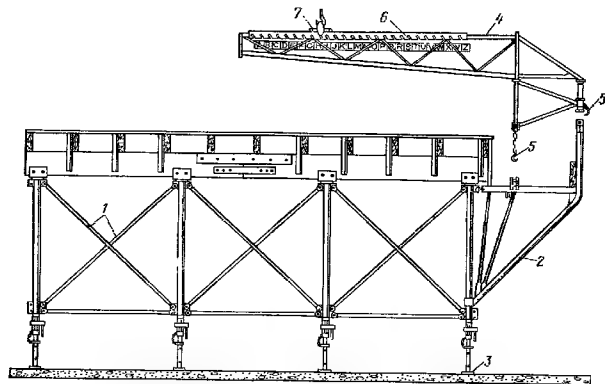


Рис. 2-28. Консольная траверса:

1—опалубка перекрытий; 2—консоль, устанавливаемая на опалубке; 3—домкрат опалубки; 4—консольная траверса; 5—соединение с консолью; 6—строповочные выемки; 7—переставное строповочное устройство

Монтаж щитов наружных стен всдут с помощью навешиваемых на стены консольных подмостей. Щиты для точной установки регулируют с помощью подкосов, опирающихся на подмости.

Демонтируют опалубку с помощью подмостей, навешиваемых вдоль открытых фасадов здания.

Подмости опирают на нижележащее перекрытие, фиксируют на нем и раскрепляют оттяжками регулируемой длины к стенам.

Применение консольных подмостей связано с целым рядом технологических трудностей и недостатков. Монтировать подмости трудоемко; увеличение же размеров подмостей значительно усиливает их массу и усложняет монтажные работы. Поэтому подмости обычно изготовляют небольшого размера, что заставляет применять секции опалубки небольшой ширины. Это, в свою очередь, увеличивает трудоемкость опалубочных работ и увеличивает количество стыковых соединений, требующих дополнительной отделки.

Поэтому целесообразнее вести демонтаж опалубки без использования подмостей — извывая их через фасад крапом.

Такой демонтаж возможен с помощью специальной консольной траверсы (рис. 2-28). Такую траверсу используют и для демонтажа крупнощитовой опалубки перекрытий. Траверса состоит из нижней захватной и верхней частей (каждую можно совместить с опалубкой перекрытий и отсоединить после установки от верхней части).

На верхней части установлено строповочное приспособление, за которое заводится крюк крана. Строповочное приспособление можно перемещать вдоль верхней консольной части и устанавливать в зависимости от массы демонтируемой опалубки. Это дает возможность четко центрировать траверсу с грузом и избежать перекосов.

§ 7. Скользящая опалубка

Скользящую опалубку применяют для бетонирования стен высотных зданий и сооружений. Она представляет собой пространственную опалубочную форму, установленную по периметру стен и поднимаемую по мере их бетонирования гидродомкратами.

Основными элементами скользящей опалубки являются щиты, домкратные рамы, рабочий пол, подвесные подмости, домкратные стержни, устанавливаемые по оси стен, домкраты (рис. 2-29).

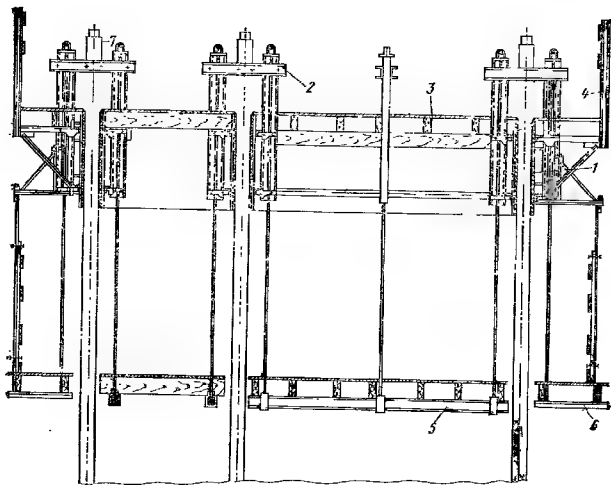
Домкратные рамы являются основными несущими элементами, на них устанавливают щиты опалубки, которые воспринимают давление бетонной смеси. К домкратным рамам подвешивают подмости; на них передается нагрузка от рабочего пола. На домкратные рамы устанавливают домкраты, которые, опираясь на стержни, поднимают всю конструкцию опалубки.

Щиты опалубки устанавливают так, чтобы расстояние между ними увеличивалось книзу, образуя конусность в пределах $1/800$ — $1/200$ высоты щитов или 5—7 мм на каждую сторону при высоте щитов 1—1,2 м. С наклоном можно установить только один щит, другой же щит (наружной стены) устанавливают без наклона, что позволяет получать лучшее качество поверхности стен.

Домкратные рамы (рис. 2-30) выполняют с двумя, тремя и четырьмя стойками. Трех- и четырехстоечные рамы устанавливают на пересечении стен и применяют при возведении зданий с большим количеством различных пересечений в плане, оконных и дверных проемов. Наиболее распространены двухстоечные рамы. Рама состоит из вертикальных стоек и горизонтального ригеля. На стойках рамы устанавливают кронштейны для крепления щитов. Стойки рамы крепят к ригелю жестко или на болтах. В последнем случае можно изменять размеры рамы для бетонирования стен различной толщины, а также наклон стоек рамы для регулирования конусности.

Унифицированные рамы со съемным ригелем обычно изготовляют из нескольких типоразмеров, так как использовать рамы, предназначенные для бетонирования толстых стен, не всегда удобно при возведении стен толщиной 15—20 см.

Возводить стены переменной толщины можно также путем установки дополнительных щитов в опалубку или вставок. Щиты опалубки выполняют большей частью металлическими или комбинированными. В комбинированной конструкции на металлических каркасах устанавливают палубу из водостойкой фанеры, пластика,



1 — щиты; 2 — домократная рама; 3 — рабочий пол; 4 — ограждение козырька; 5 — внутренние подвесные подмости; 6 — наружные подвесные подмости; 7 — домократ

По конструкции щитов опалубку разделяют на два основных вида: крупно- и мелкощитовую. Последняя опалубка более универсальна, однако трудоемкость монтажа и демонтажа ее значительно выше. При использовании мелких щитов их навешивают на кружала, предварительно собранные в каркас. В крупноразмерных щитах (рис. 2-31) кружала входят в конструкцию щита. Щиты выполняют как плоскими, так и криволинейными (для бетонирования криволинейных стен). Для бетонирования плитыстр кроме использования

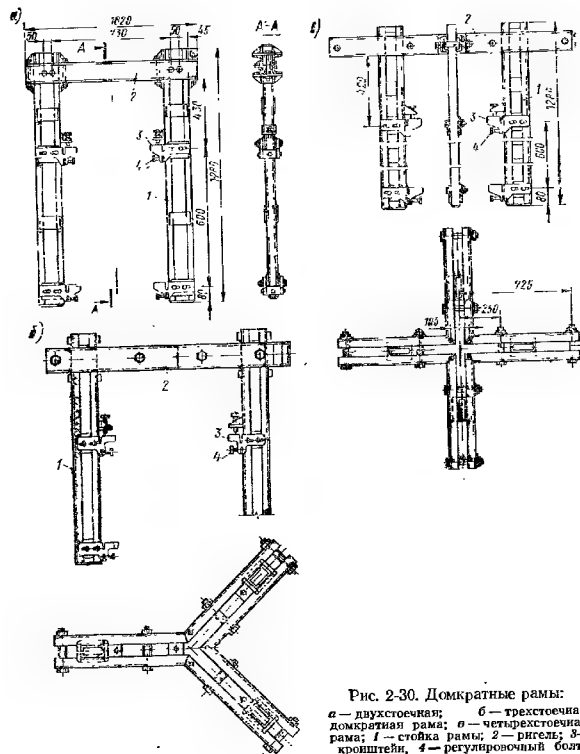


Рис. 2-30. Домкратные рамы:

a — двухстоечная; *б* — трехстоечная
домкратная рама; *в* — четырехстоечная
рама; 1 — стойка рамы; 2 — ригель; 3 —
крошштейн, 4 — регулировочный болт

Угловые щиты при изготовлении выполняют с необходимой ко-
нусностью. С целью увеличения расстояния между домкратными
рамами щиты целесообразно изготовлять жесткими, чтобы они
воспринимали нагрузки при больших пролетах.

К домкратным рамам щиты навешивают с помощью кружал, которые входят в паз кронштейнов, установленных на стойках ра-

мы, и закрепляют болтами. Конструкция крепления позволяет регулировать конусность щитов, а также изменять их положение относительно рамы. Конструкция стыкового соединения щитов должна позволять устанавливать домкратную раму на стыке щитов.

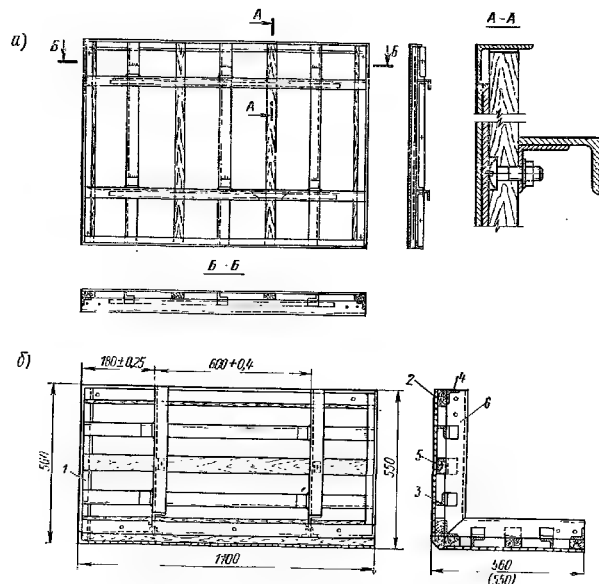


Рис. 2-31. Щиты опалубки:

а — деревометаллический щит конструкции ЦНИИОМТП; б — внутренний угловой щит; 1 — верхний уголок; 2 — палуба; 3 — вертикальное ребро; 4 — стыковой уголок; 5 — вертикальный брус; 6 — кружала

Для бетонирования многослойных стен (рис. 2-32) на домкратной раме закрепляют специальные фиксаторы утеплителя. Применяют также многоярусную схему установки щитов, причем верхний ряд щитов устанавливают на одну толщину стен, нижний — на другую.

Для уменьшения сил трения опалубки по бетонной смеси и бетону используют также щиты с двумя роликами, между которыми натянута бесконечная лента. Поскольку при движении опалубки лента не скользит по поверхности бетона, а перекатывается по ней, ее можно изготовлять с рельефными выступами для получения релье-

фных полос на поверхности стен. Для уменьшения сцепления применяют также прокладки из полиэтиленовой пленки, резины и т. д. Рулон с пленкой закрепляют на домкратной раме, при движении опалубки он сматывается с нее, образуя защитную разделительную поверхность между щитом опалубки и бетонной смесью, такая поверхность может служить тепловой изоляцией или облицовкой бетонной стены.

На рабочем полу размещают необходимые строительные материалы (бетонная смесь, арматура, домкратные стержни, стальной

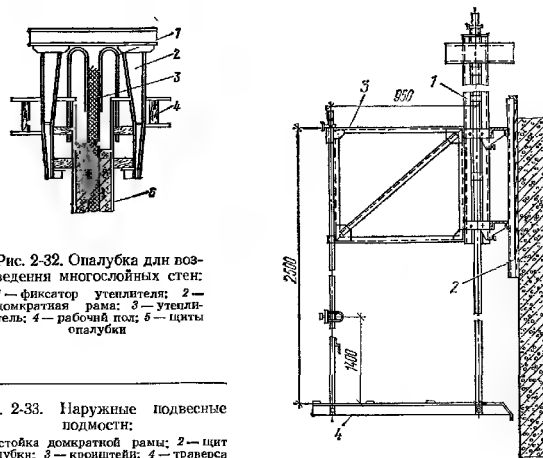


Рис. 2-32. Опалубка для возведения многослойных стен: 1 — фиксатор утеплителя; 2 — домкратная рама; 3 — утеплитель; 4 — рабочий пол; 5 — щиты опалубки

Рис. 2-33. Наружные подвесные подмости: 1 — стойка домкратной рамы; 2 — щит опалубки; 3 — крестштейн; 4 — трюверсы

ные изделия и т. д.), транспортеры для материалов. В ряде случаев рабочий пол используют в качестве опалубки для бетонирования перекрытий. Такой пол может быть неразборным и разборным. Для бетонирования монолитных перекрытий через отверстия в рабочем полу подают бетонную смесь, арматуру и другие материалы.

Рабочий пол устраивают из несущих прогонов, по которым устанавливают настил из досок толщиной 32 мм. При небольших пролетах (до 3,0—3,5 м) в качестве прогонов используют брус размером 180×50 мм; при больших пролетах применяют металлические балки или устанавливают специальные фермы, которые для удобства демонтажа часто выполняют составными.

Несущие прогоны рабочего пола опирают как на кружала щитов опалубки, так и на стойки домкратных рам. Так как в местах установки ферм на щиты они могут скучиваться, фермы опирают шарнирно через междукружальные решетки. Концы досок настила,

установленных на верхние торцы щитов опалубки, выполняют со скосом.

По периметру возводимого здания на опалубке устраивают козырьки (рис. 2-33) с ограждением. На кронштейн козырька можно навешивать наружные подмости, часто такую подвеску делают к стойкам домкратных рам с помощью тросов, пропущенных через стойку, и дополнительных кронштейнов, установленных в нижней части, что облегчает впоследствии демонтаж опалубки. Устанавливают также внутренние подмости. Внутренние подмости в ряде случаев используют в качестве опалубки перекрытий. При бетонировании перекрытий в специальной опалубке внутренние подмости не устраиваются.

Для подъема скользящей опалубки применяют гидравлические, электромеханические и пневматические домкраты. Наиболее распространены как в нашей стране, так и за рубежом гидравлические домкраты и подъемные системы. К преимуществам электромеханических подъемных систем относятся удобство выполнения разводки и регулирование режимов подъема, отсутствие инерционности. Однако конструкция их сложна, необходимо применять редукторы и т. п.

Гидравлическое оборудование позволяет поднимать опалубку в полуавтоматическом и автоматическом режимах. Для полуавтоматического режима подъема применяют комплект оборудования, состоящий из однопоршневых гидравлических домкратов ОГД-61А с регулятором горизонтальности рабочего пола РП-67, насосной станции ПНС-IV или ПНС-IVB, гидроразводки, приспособления для извлечения домкратных стержней РП-60.

Приставка РП-67 к гидродомкрату позволяет выравнивать горизонтальность рабочего пола и обеспечивать возвратно-поступательное движение домкрату с опалубкой в пределах одного шага («шаг на месте»). Это позволяет в любое время при необходимости останавливать опалубку и вместе с тем избежать схватывания бетона с ней. Кроме того, при переосадах опалубки и опережении определенного горизонта делают «шаг на месте», пока отставшие домкраты не достигнут того же уровня. Строгая горизонтальность рабочего пола исключает перекосы опалубки. Однако для регулировки уровня нужно переставлять стопорное кольцо на домкратных стержнях и выверять их по нивелиру. Кроме того, для установки регуляторов горизонтальности необходимо разбирать домкраты.

Автоматический режим подъема дает возможность поднимать опалубку по заранее заданной программе с автоматическим регулированием горизонтальности.

В комплект оборудования для автоматического подъема опалубки входят: однопоршневые гидравлические домкраты ОГД-64У, автоматические регуляторы горизонтальности рабочего пола АРГ-64У, насосная станция АНС-125У с приставкой счета импульсов, реверсивный гидравлический домкрат РГД-66 для извлечения домкратных стержней и двойная гидравлическая разводка (к регуляторам и домкратам).

Таблица 2-5

Показатели	Технические характеристики домкратов									
	Домкраты отечественные					Домкраты зарубежные фирменные				
	гидравлические		Электромеханические			«Конгето-Промет» (Швеция)		Механико-стальные (Швеция)	ГДР	КСИ
	ОГД-61	ОГД-61А (ОГД-62А)	ОГД-64	без марки	ПДО-60	601	604		КСИ	КСИ
Грузоподъемность (наибольшая), т	6	6	7,5	2,5	2,5	3	6	6	3	4
Наибольшее рабочее давление, кг/см ²	50	50	125	—	—	150	150	150	125	125
Рабочий ход (шаг), мм	30	30	30	500	150	25	25	30	20	20
Энергоёмкость, кВт	0,025	0,025	0,02	0,27	0,02	0,012	0,012	0,012	0,035	0,035
Энергоёмкость на единицу грузоподъемности, кВт·ч	0,0041	0,0041	0,0026	0,0108	0,0108	0,0020	0,0020	0,0024	0,015	0,0087
Способ возврата-поступательного движения опалубки на один шаг	Ручной	Автоматический	Автоматический	—	—	—	—	—	—	Автоматический
Масса на единицу грузоподъемности, кг/т	2,49	2,49	1,71	40	24	2,67	—	25	—	—
Таблица, мм:										
длина	—	—	136	112	610	112	—	—	225	225
ширина	—	—	136	112	286	112	—	—	397	397
высота	—	—	340	450	470	450	—	—	464	490
диаметр	190	190	—	—	—	—	—	—	110	110
Масса, кг	14,9	14,9	12,88	100	60	13	—	13	—	—

Технические характеристики домкратов приведены в табл. 2-5.

Опорой домкрата при подъеме опалубки служит домкратный стержень, проходящий в канале бетонированной стены, образованном защитной трубкой. Эту трубку устанавливают на ригеле домкратной рамы для образования канала и возможности в последующем извлечения домкратных стержней. Они свободно устанавливаются внутри защитных трубок. Домкратные стержни представляют собой прутки определенной длины, наращиваемые по мере подъема опалубки. Соединяют эти стержни на резьбе, для чего один конец стержня имеет выточку, на которой нарезана резьба, другой — штырь.

Принцип действия гидравлического домкрата ОГД-61 (рис. 2-34) описан ниже. При подаче в рабочую полость жидкости поршень, связанный через шток с верхним зажимным устройством, остается неподвижным, а цилиндр вместе с нижним зажимным устройством поднимается вверх. Под действием распорной пружины нижний зажим отсоединяется от домкратного стержня и опалубка поднимается вверх, опираясь на верхнее зажимное устройство. При снижении давления жидкости поршень возвратной пружиной поднимается вверх, освобождает верхнее зажимное устройство, которое перемещается вверх по стержню. Нижний зажим при этом заклинивается и домкрат остается неподвижным.

На этом заканчивается цикл работы домкрата. Затем он повторяется. Величина подъема за один цикл может меняться от 20 до 30 мм. Регулируют величину подъема перемещением по штоку ограничителей хода.

Принцип работы домкрата ОГД-64У несколько иной. При нагнетании жидкости в верхнюю полость цилиндра поршень и связанное с ним зажимное устройство остаются неподвижными, а цилиндр поднимается вверх. При подъеме цилиндр автоматически расклинивает верхнее зажимное устройство, перемещает его по стержню и поднимает опалубку. При снижении давления в системе поршень пружиной поднимается вверх; нижний зажим автоматически расклинивается и подтягивается вверх, при этом цилиндр, опираясь на верхний зажим, остается неподвижным.

При работе с автоматическим регулятором АРГ-64У (рис. 2-35) опалубка поднимается до отметки, заданной регулятором. Когда домкрат достигнет этой отметки, буферное устройство выключает верхний зажим домкрата и при рабочем ходе происходит «шаг на месте». Количество циклов подъема задается насосной станцией, после выполнения которых жидкость подается к гидравлическому зажиму регулятора, расклинивает его и перемещает на новую отметку.

Для подачи рабочей жидкости в гидравлические домкраты применяют автоматические и полуавтоматические насосные станции (рис. 2-36), технические характеристики которых приведены в табл. 2-6.

Полуавтоматические насосные станции включают в работу ручную. Насос, действующий от электродвигателя, подает рабочую

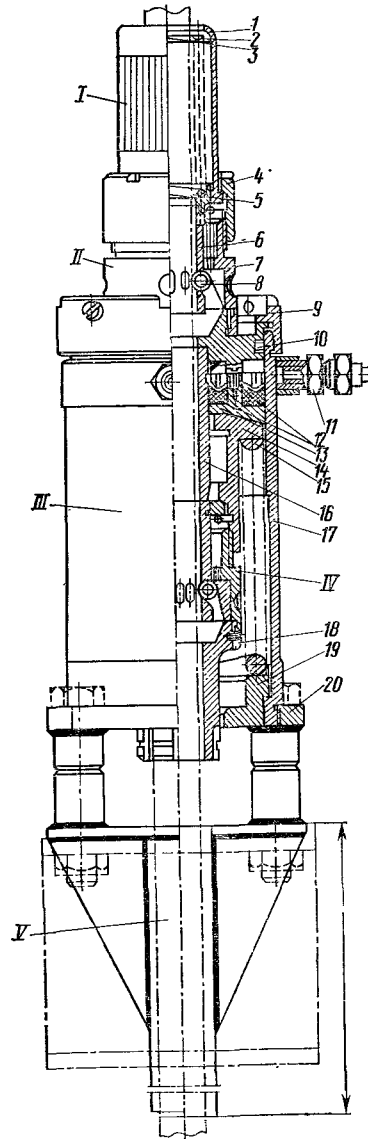


Рис. 2-34. Одноцилиндровый гидравлический домкрат ОГД-64У:

I — буферное устройство; II — верхнее зажимное устройство; III — цилиндр; IV — нижнее зажимное устройство; V — защитная трубка; 1 — цилиндр; 2 — шайба; 3 — пружина; 4 — гайка; 5 — пружина; 6 — сепаратор; 7 — корпус; 8 — ролик; 9 — гайка; 10, 12 — уплотнение; 11 — штуцер; 13 — поршень; 14 — шарнир; 15 — возвратная пружина; 16 — шток; 17 — цилиндр; 18 — упор; 19 — крюк; 20 — фланец

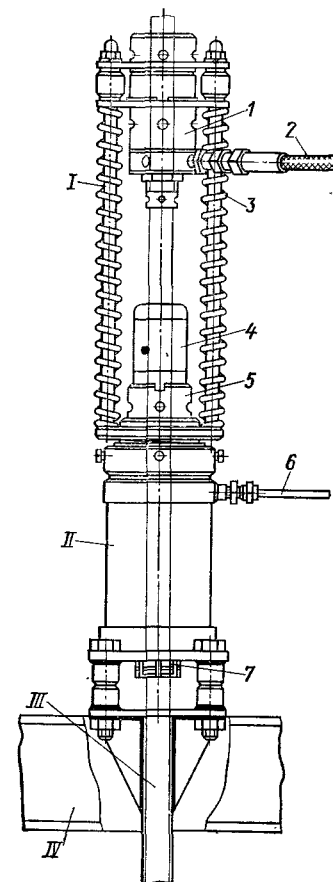


Рис. 2-35. Гидродомкрат ОГД-64У с автоматическим регулятором горизонтальности АРГ-64У:

I — регулятор горизонтальности; II — домкрат; III — защитная трубка; IV — домкратная рама; I — гидравлический зажим; 2 — шланг; 3 — возвратная пружина; 4 — буферное устройство домкрата; 5 — верхнее зажимное устройство; 6 — трубка питания домкрата; 7 — нижний зажим

жидкость двумя потоками к разделительной панели. В системе подачи имеется два клапана — низкого и высокого давления, которые устанавливают на необходимый режим работы. Под давлением жидкость от разделительной панели подается к гидродомкратам. При превышении давления потоки автоматически разделяются, клапан низкого давления возвращает рабочую жидкость в бак для

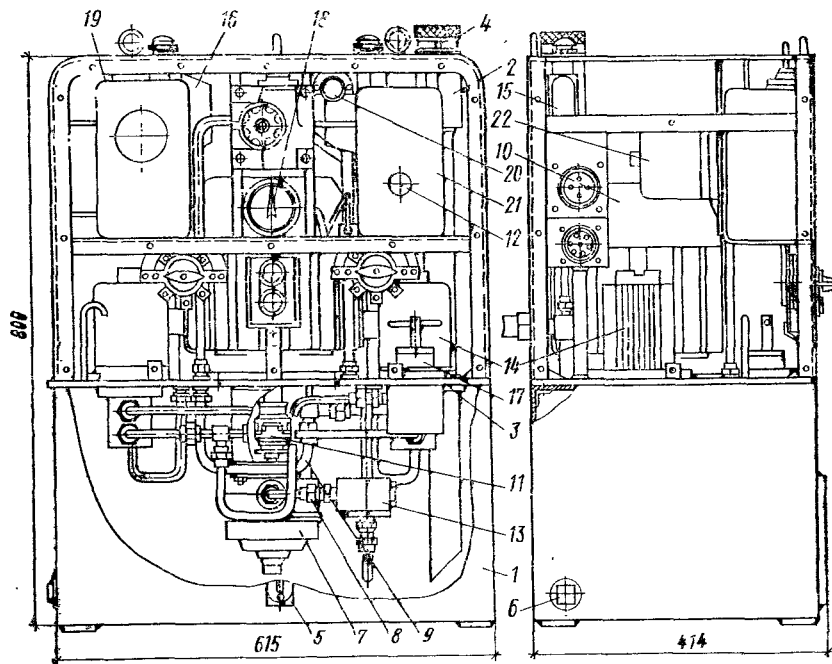


Рис. 2-36. Автоматическая насосно-распределительная станция АНС-125М:

1 — бак для масла; 2 — патрубок для заливки масла; 3 — крышка бака; 4 — пробка; 5 — маслоуказатель; 6 — пробка; 7 — насос; 8 — соединительные штуцера; 9 — трубопровод; 10 — электродвигатель; 11 — соединительная муфта; 12 — дроссель; 13 — обратный клапан; 14 — золотник; 15 — реле давления; 16 — микровыключатель; 17 — пластинчатый фильтр; 18 — манометр; 19 — реле времени; 20 — сигнальная лампа; 21 — магнитный пускатель; 22 — промежуточное реле

жидкости, а к домкратам поступает жидкость только через клапан высокого давления. Если давление в системе окажется выше заданного, станцию автоматически выключают реле давления, одновременно с помощью золотника открывается проход для возврата рабочей жидкости и гидравлической системы в бак. Снова станцию включают вручную.

Автоматическая насосная станция типа АНС-125У работает в ручном, полуавтоматическом, автоматическом, а также в реверсивном режиме.

При автоматическом режиме станция включается и выключается автоматически при помощи реле времени и реле давления. Реверсивный режим применяют при автоматическом извлечении дом-

Таблица 2-6

Характеристики некоторых насосных станций

Показатель	Отечественные				Зарубежные		
	ПНС-1В	ПНС-11В	АНС-125М	АНС-125У	АНС-100У	НТР-5 (Швеция)	насосная станция (ГДР)
Производительность, л/мин:							
общая	24	48	5	16	28	5	10
высокой ступени	12	24	—	—	—	—	—
низкой ступени	12	24	—	—	—	—	—
Рабочее давление, кгс/см ² :							
наибольшее	—	—	125	125	125	150	125
высокой ступени	50	50	—	—	—	—	—
низкой ступени	35	35	—	—	—	—	—
Регулируемые параметры:							
производительность, л/мин	12; 24	12; 24; 48	0,25—5	0,25—16	0,25—28	—	—
давление, кгс/см ²	5—50	5—50	50—125	52—125	50—125	До 150	До 125
Время, мин	—	—	2—60	2—60	2—60	—	—
Число импульсов	—	—	1—25	1—25	1—25	—	—
Режим работы	Ручной, полуавтоматический	Ручной, полуавтоматический	Ручной, полуавтоматический	Ручной, полуавтоматический	Ручной, полуавтоматический	Ручной, автоматический	Ручной
Приводная мощность, кВт	3	6	2,2	6	6	1,5	3,5
Количество обслуживаемых домкратов, шт.	120	250	50	250	300	125	100
Масса, кг	150	300	152	277	235,4	—	—
							4
							50
							140

кратных стержней. Автоматические станции, кроме того, оборудуют приставками счета импульсов, которые позволяют переключать станции по заданной программе с подачи рабочей жидкости с гидродомкратов на автоматические регуляторы горизонтальности.

Электромеханический шагающий домкрат (рис. 2-37) поднимает опалубку, перемещаясь с помощью зажимов по двум домкратным стержням.

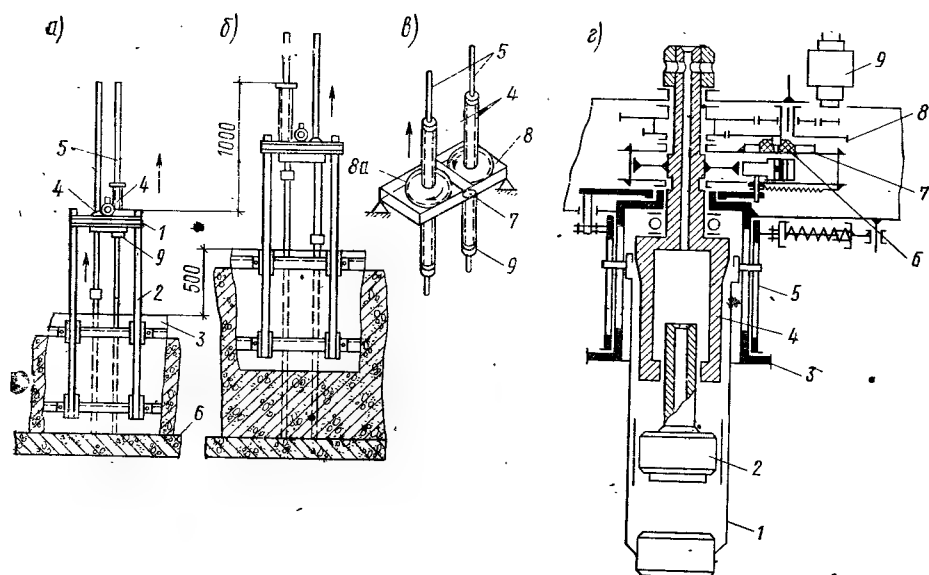


Рис. 2-37. Электромеханические шагающие домкраты:

а, б, в — кинематическая схема работы электродомкрата: а — подъем опалубки на правом винте; б — подъем опалубки на левом винте; в — схема вращения шестерен — гаек и перемещения грузоподъемных винтов; 1 — домкрат; 2 — домкратные рамы; 3 — опалубка; 4 — малые винты; 5 — домкратные стержни; 6 — основание бетонной стены; 7 — червячный вал; 8 — шестерня гайки; 9 — зажимное устройство; 2 — кинематическая схема домкрата ПДО-60: 1 — первая ступень домкрата, снабженная в верхней части гайкой, в нижней — зажимным устройством; 2 — вторая ступень домкрата, имеющая полый винт и зажимное устройство; 3 — опора домкрата; 4 — приводной винт; 5 — барабан реверса; 6 — ползун; 7 — направляющая; 8 — шестерня; 9 — электродвигатель

При включении электродвигатель передает вращение на червячный вал, который приводит в движение шестерни, вращающиеся в противоположные стороны. При вращении шестерен один винт стремится опуститься, другой же — подняться. По винту перемещается вверх шестерня, за счет чего поднимается опалубка. При этом вторая шестерня поднимает вверх второй винт на высоту, вдвое большую подъема домкрата. Таким образом, этот винт занимает исходное положение для дальнейшего подъема опалубки. При изменении направления вращения червячного вала винты перемещаются в обратном порядке и процесс подъема опалубки повторяется. Электрический домкрат типа ПДО-60 перемещается в отличие от шагающего домкрата по одному домкратному стержню.

Домкрат ПДО-60 включает редуктор, электродвигатель и две винтовые пары, винты которых снабжены зажимными устройствами на домкратном стержне. Приводной винт с правой и левой резьбой заблокирован с двумя опорно-перемещаемыми ступенями, которые вмонтированы одна в другую.

Преимуществом этого домкрата по сравнению с шагающим является то, что направление вращения приводного винта при работе его рабочей длины изменяется автоматически.

При вращении приводного винта в зависимости от направления винтовой нарезки зажимное устройство первой ступени заклинивается на домкратном стержне. Приводной винт, продолжая вращаться, вывинчивается из гайки первой ступени, перемещая опалубку вверх.

При этом вторая ступень движется вверх вместе с приводным винтом и дополнительно перемещается относительно него вследствие обратной нарезки. При обратном вращении опалубка поднимается на вторую ступень; при этом первая ступень готовится для дальнейшего подъема опалубки. Направление вращения приводного винта изменяет механизм автоматического реверсирования. Для подъема опалубки используют также подъемники, опирающиеся на возведенные стены (рис. 2-38). Опорно-подъемный механизм состоит из верхнего и нижнего опорных колец, которые попеременно опираются на стены здания. Перемещается опалубка винтовыми подъемниками.

К верхнему кольцу прикреплены опорные стойки со смонтированными рамами, выполненными по типу домкратных, на которых устанавливаются щиты опалубки. Поднимается опалубка с помощью электродвигателя. Вращение от электродвигателя через червячный редуктор и храповой механизм передается на винтовой механизм. С помощью рычажных звеньев опорные пластины нижнего кольца прижимаются к возведенной стене и верхнее кольцо поднимается вместе с закрепленной на нем опалубкой. Затем прижимается к стене верхнее кольцо и винтовым механизмом подтягивается нижнее опорное кольцо. Опорная пластина с рычажными звеньями прижимается с помощью пневматических баллонов, заполняемых воздухом. В дальнейшем при передаче усилия за счет фиксаторов и наклонного расположения рычагов опалубка самозаклинивается на возводимом сооружении.

Основные характеристики скользящей опалубки следующие: количество приводов подъема на 5 м периметра стен — 1; грузоподъемность одного привода — 10 т; мощность электродвигателя — 1,5 кВт; количество напорных пневматических рукавов — 4; давление в пневматических рукавах — 2—2,5 кгс/см²; давление на стенку при опирании — 2—3 кгс/см²; скорость подъема опалубки — 0,62 м/ч; скорость возвратного хода — 3,1 м/ч.

Опираемость опалубки на стены возводимых зданий значительно усложняет ее конструкцию и затрудняет эксплуатацию опалубочной системы. Кроме того, поскольку сила трения опорных пластин по поверхности бетонной смеси зависит от многих факторов, в том

числе материалов опорной пластины, состава бетона, состояния поверхности, прочности, увлажнения, усилие прижима нужно выбирать максимальным. Из-за этого требуется устанавливать мощную опорную раму. Необходим также строгий контроль прочности бетона, на который передается давление опорных пластин. Точность вертикального подъема опалубки при использовании такой системы недостаточна, контроль и корректировка точности подъема сложны.

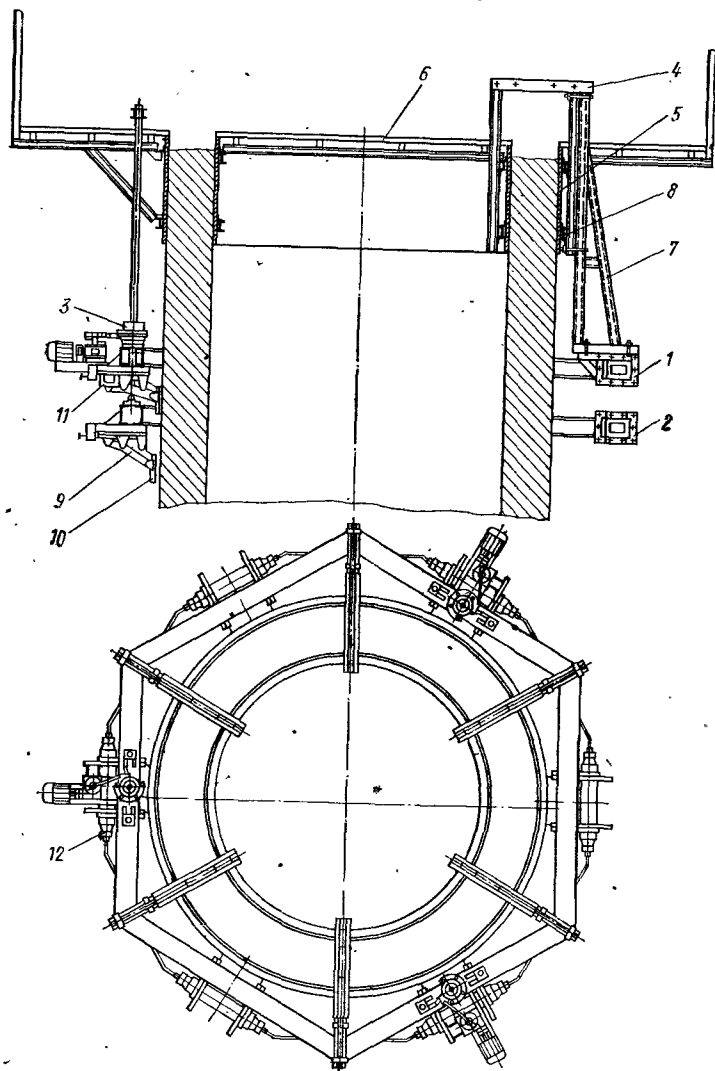


Рис. 2-38. Общий вид опалубки с опорой на возводимое сооружение:

1 — верхнее опорное кольцо; 2 — нижнее опорное кольцо; 3 — винтовые подъемники; 4 — рамы; 5 — щиты опалубки; 6 — рабочий пол; 7 — опорные стойки; 8 — кружала; 9 — рычажные звенья; 10 — опорные пластины; 11 — опорные рукава; 12 — цепные зажимы

Опалубка перекрытий. Перекрытия при возведении зданий в скользящей опалубке бетонируют очередями через равные промежутки времени: с отставанием от бетонирования стен на 2—3 этажа; непосредственно после возведения стен каждого этажа с остановкой скользящей опалубки; сверху вниз после бетонирования стен в опалубке, закрепляемой на вышерасположенном перекрытии; в опалубке, отсоединяемой на каждом этаже от скользящей (в этом случае в качестве опалубки можно использовать внутренние подвесные подмости).

Если перекрытия бетонируют после стен, то при замкнутых ячейках здания обычно применяют разборно-переставную опалубку из щитов небольшого размера и поддерживающих элементов — телескопических стоек и раздвижных ригелей.

Широко практикуют опирание опалубки перекрытий на возведенные стены при помощи крюков или кронштейнов. В стены при бетонировании закладывают трубки, через которые пропускают болты для подвешивания опорных кронштейнов для балок опалубки перекрытий. Выверяют положение опалубки с помощью подкладных клиньев и подвесок, а регулируют отметку опалубки при помощи винтов (рис. 2-39, а). Для распалубки винтовые регуляторы опускают, балки вместе со щитами отрываю от бетона и опускают, после чего опалубку разбирают и устанавливают на новом месте.

Схема использования подвесных подмостей в качестве опалубки перекрытий показана на рис. 2-39, б. В стены устанавливают крюки или кронштейны для опирания опалубки перекрытий, на которые вдоль стен укладывают деревянные или металлические балки. После прохождения опалубкой подмостей при ее подъеме на балки укладывают прогоны, перекрывающие свободный пролет между стенами. Затем на прогоны опускают подмости, по периметру устанавливают окаймляющие доски или другие вставки. Регулируют опалубку по высоте с помощью клиньев или винтов.

При бетонировании перекрытий сверху вниз опалубку перекрытий закрепляют на отметке бетонирования перекрытия последнего этажа после окончания бетонирования стен. Затем опалубку на тросах или жестких подвесках опускают ниже, до отметки следующего перекрытия, и т. д. Бетонную смесь подают через проемы фасада или оставляемые в перекрытии.

Опалубкой перекрытий могут служить также железобетонные перекрытия, сборные или забетонированные в подвальном помещении перед подъемом опалубки. Такое перекрытие поднимают вместе со скользящей опалубкой до отметки очередного устройства. На этой плите перекрытия бетонируют перекрытие следующего этажа; предыдущую плиту отсоединяют от опалубки и устанавливают в проектное положение, а забетонированные перекрытия поднимают на новую отметку вместе со скользящей опалубкой. Для обеспечения набора прочности бетоном применяют пакет из 3—4 перекрытий, из которых нижнее отсоединяют на очередной отметке, а остальные вместе с вновь забетонированным поднимают выше.

Для создания разделительного слоя и получения ровной поверхности перед бетонированием очередного перекрытия на нижнее укладывают жесткую разделительную полосу (металлическую или пластмассовую). Верхняя поверхность плит перекрытий, используе-

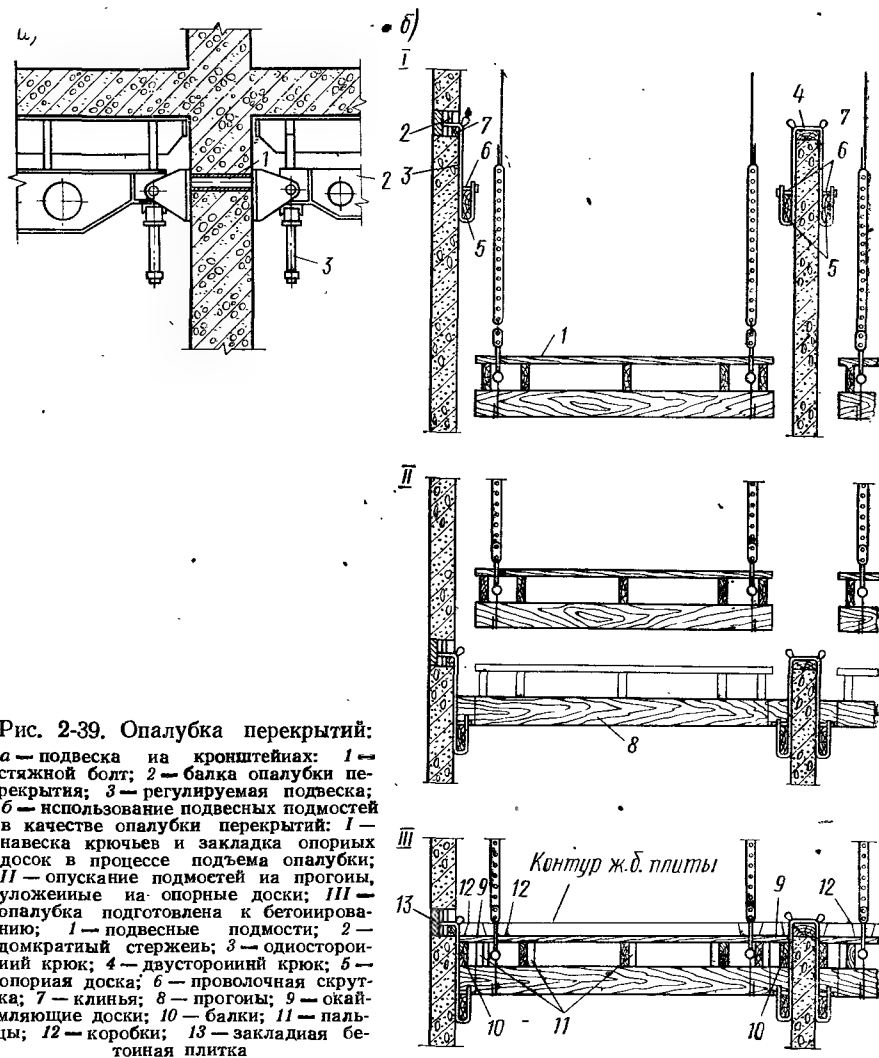


Рис. 2-39. Опалубка перекрытий:
а — подвеска на кронштейнах: 1 — стяжной болт; 2 — балка опалубки перекрытия; 3 — регулируемая подвеска; б — использование подвесных подмостей в качестве опалубки перекрытий: 1 — навеска крючков и закладка опорных досок в процессе подъема опалубки; 11 — опускание подмостей на прогоны, уложенные на опорные доски; 111 — опалубка подготовлена к бетонированию; 1 — подвесные подмости; 2 — домкратный стержень; 3 — односторонний крюк; 4 — двусторонний крюк; 5 — опорная доска; 6 — проволоочная скрутка; 7 — клинья; 8 — прогоны; 9 — окантовочные доски; 10 — балки; 11 — пальцы; 12 — коробки; 13 — закладная бетонная плита

мых в качестве опалубки, должна быть достаточно ровной, поэтому ее нужно дополнительно затереть при бетонировании или дополнительно обработать.

В ЦНИИОМТП разработана унифицированная скользящая опалубка, применяемая для возведения монолитных зданий различных конструктивных схем. В этой опалубке можно возводить здания с

принятым модульным изменением размеров монолитных конструкций. Опалубку можно применять для бетонирования перекрытий с отставанием от возведения стен на несколько этажей, а также бетонирования их на каждом этаже по достижении опалубкой отметки перекрытия, для чего опалубку поднимают над отметкой перекрытия и останавливают.

Опалубка состоит из набора унифицированных элементов различных типоразмеров: щитов плоских и угловых, щитов пилеаст, криволинейных щитов, внутренних и наружных, тупо- и остроугольных. Щиты различной длины выполнены каркасной конструкции с кружалами, установленными на фиксированном расстоянии по высоте щита.

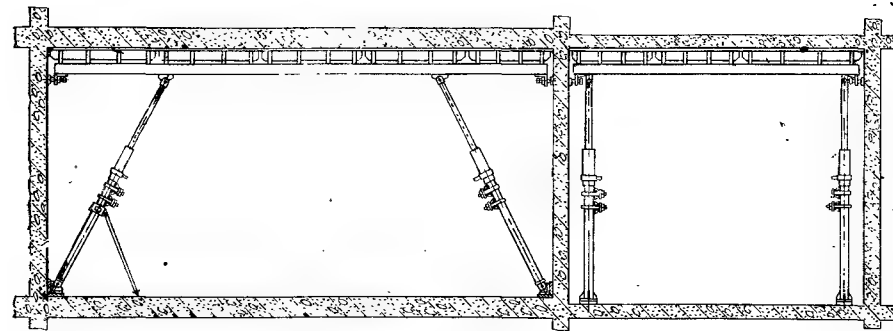


Рис. 2-40. Установка опалубки перекрытий на стойках

Набор плоских и угловых щитов позволяет собирать блоки для бетонирования ячеек стен с размерами от 4,2 до 7,2 м по длине и от 2,7 до 7,2 м по ширине. Наружные поверхности можно собирать любой длины от 2,7 м с модулем изменения размеров 30 см.

Домкратные рамы могут иметь две, три и четыре стойки. Они рассчитаны на бетонирование стен от 16 до 60 см путем замены ригеля рамы.

Консоли козырька, выполненные в нескольких вариантах, можно закреплять на стойках домкратных рам и на кружалах угловых наружных щитов. Для подвески подмостей используют кронштейны, закрепляемые на щитах опалубки и стойках домкратных рам. Щиты рабочего пола позволяют перекрывать различные пролеты ячеек и набирать съемный настил рабочего пола. Разработано несколько вариантов подвесных подмостей различных типоразмеров.

Опалубка перекрытий монтируется на телескопических стойках, а также на подвесках к стене с помощью регулируемых кронштейнов. Телескопические стойки используют для устройства опалубки перекрытий при высоте этажа от 2,8 до 3,0 м.

Стойки применяют вертикальные и наклонные (рис. 2-40): вертикальные стойки используют при бетонировании ячеек небольшого размера (от 2,7 до 4,2 м), наклонные для ячеек от 4,5 до 6,9 м.

Балки, устанавливаемые на стойки, имеют несколько типоразмеров в зависимости от пролета перекрытия: от 2,7 до 4,2 м; от 4,5 до 5,1 м; от 5,4 до 6,9 м. Щиты опалубки перекрытий нескольких типоразмеров позволяют перекрывать все указанные пролеты с модулем изменения размеров 30 см.

Вертикально установленные стойки объединяют горизонтальными связями, наклонные стойки раскрепляют укосинами, упирающимися в перекрытие. Балки можно опирать также на кронштейны, закрепляемые к забетонированной стене. Кронштейны выполнены с винтовым регулятором.

Опалубку, устанавливаемую на подвесках без дополнительных промежуточных стоек, можно применять для пролетов перекрытия от 2,7 до 4,8 м. Унифицированная опалубка включает также набор унифицированных элементов и приспособлений, в том числе опалубку для образования проемов.

ГЛАВА 3 ОПАЛУБКА-ОБЛИЦОВКА

§ 1. Виды опалубок-облицовок

Опалубкой-облицовкой называют форму, собранную из железобетонных, армоцементных плит, стальных или асбестоцементных листов, которые входят в конструкцию и работают с ней как одно целое.

Опалубка-облицовка выполняет две функции: опалубки при бетонировании и защитной, или декоративной, облицовки. Для повышения долговечности железобетонных конструкций необходимо обеспечить наилучшее сцепление между опалубкой-облицовкой и бетоном массива.

Изготавливают опалубку-облицовку на предприятиях стройиндустрии и устанавливают с помощью кранов в блоках бетонирования. При этом отпадают трудоемкие операции по снятию опалубки.

Железобетонную опалубку-облицовку применяют для массивных монолитных конструкций (столбчатых и ленточных фундаментов, стен толщиной более 0,5 м, опускных колодцев и кессонов, опор мостов и путепроводов, ростверков и т. п.). Опалубку-облицовку широко используют также для массивных фундаментов под технологическое оборудование, в частности под прокатные станы, тяжелые прессы, молоты и т. п.

Железобетонная опалубка-облицовка. В промышленном строительстве опалубку-облицовку применяют в виде плоских и ребристых железобетонных плит. Ширина плоских опалубочных плит равна 1 м при толщине 5—6 см. Длину их принимают в зависимости от размеров конструкций, но не более 4 м. Для лучшего сцепления с бетоном таким плитам придают шероховатую активную*

* Активной называют поверхность опалубочной плиты, обращенную к бетону массива.

поверхность, а в ответственных случаях снабжают специальными анкерующими петлями-выпусками (рис. 3-1, а—в).

Ребристые опалубочные плиты (рис. 3-1, г) имеют ширину 0,6 или 1,2 м и длину до 6 м. Помимо шероховатой активной поверхности для лучшего сцепления в ребрах устраивают сквозные отверстия диаметром 2,5—3 см с шагом 20—25 см. При укладке бетона цементный раствор, попадая в эти отверстия, образует своеобразные анкерующие шпонки, что способствует надежному сцеплению опалубки-облицовки с бетоном массива.

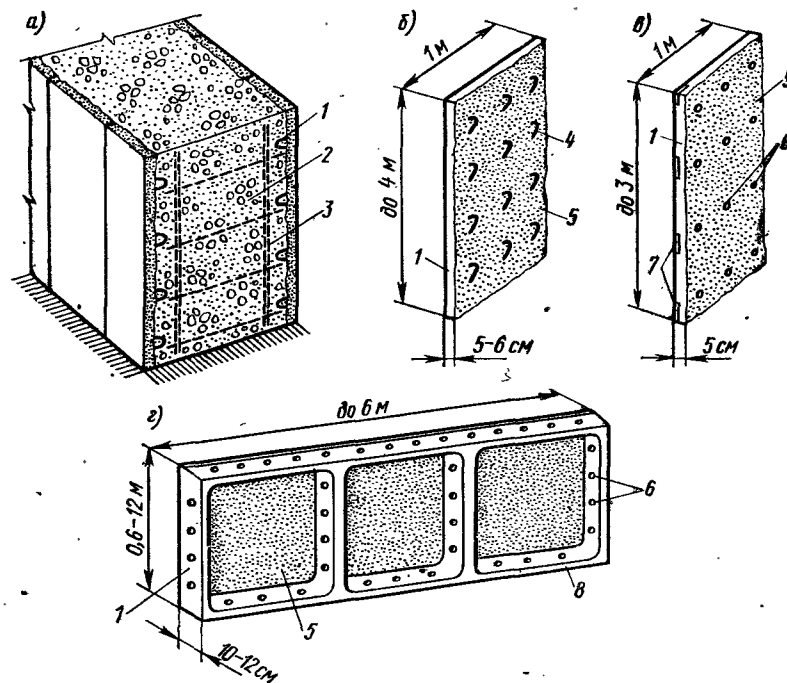


Рис. 3-1. Опалубка-облицовка:

а — общий вид; б, в — плоские плиты; г — ребристая плита; 1 — плита; 2 — бетон массива; 3 — армокаркас; 4 — анкерующая петля; 5 — «активная» поверхность; 6 — отверстия; 7 — закладные детали; 8 — ребро плиты

В гидротехническом строительстве применяют железобетонную опалубку-облицовку из плоских плит с максимальными размерами 2,5×5,0 м и толщиной 8 см. Такие плиты имеют шероховатую активную поверхность и анкерующие петли-выпуски (рис. 3-1), которые служат для крепления опалубки-облицовки.

Железобетонную опалубку-облицовку готовят из бетона марки 300 на том же цементе, что и бетон массива (применение разных видов цемента для опалубочных плит и бетона снижает сцепление между ними).

Опалубочные плиты перевозят и хранят в специальных контейнерах в положении «на ребро» (рис. 3-2). В блоки бетонирования опалубку-облицовку устанавливают кранами. При этом плиты, имеющие монтажные петли, строят за них (рис. 3-3, а). Монтажные петли после приходится срезать или загнать.

Плиты с достаточно прочными анкерующими петлями-выпусками строят так, как показано на рис. 3-3, б. При наличии в плитах сквозных отверстий их строят с помощью вилочных захватов (рис. 3-3, в).

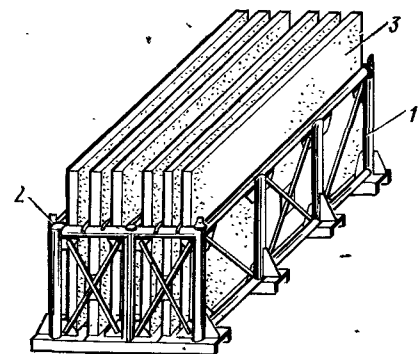


Рис. 3-2. Контейнер для перевозки и хранения опалубочных плит:
1 — стойка; 2 — петля для строповки; 3 — опалубочная плита

Раскладывают плиты по опалубливаемым поверхностям и монтируют их в соответствии с проектом производства работ.

Железобетонную опалубку-облицовку крепят в блоках бетонирования несколькими способами. Если в плитах имеются петли-выпуски, а в бетоне массива — достаточно жесткая арматура, опалубочные плиты прикрепляют скрутками, тяжами или форкопфами, устанавли-

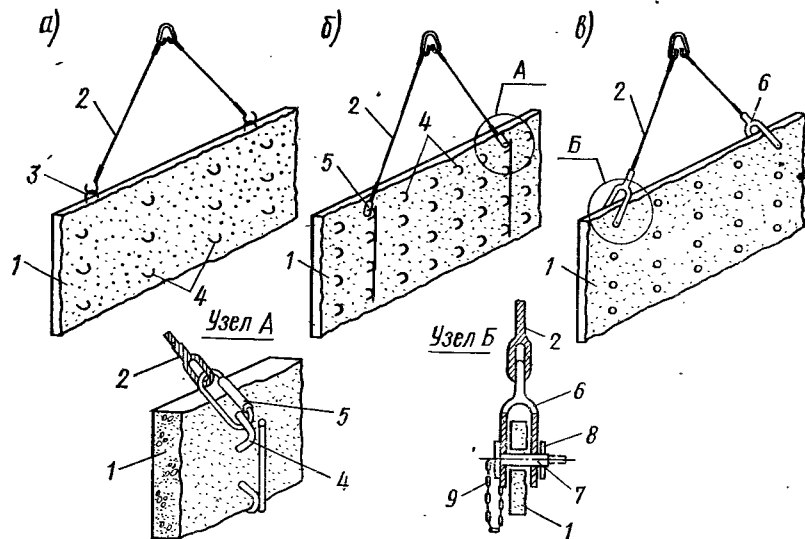


Рис. 3-3. Строповка опалубочных плит:

а — за монтажные петли; б — за анкерующие петли-выпуски; в — с использованием отверстий; 1 — плита; 2 — строп; 3 — монтажная петля; 4 — анкерующая петля; 5 — карабин стропа; 6 — вилочный захват; 7 — палец; 8 — фиксатор; 9 — цепочка

ливая такие приспособления между петлями и армокаркасом (рис. 3-4).

Плиты, не имеющие анкерующих петель, крепят с помощью тяжей, проходящих через отверстия в плитах и привариваемых к армокаркасу (рис. 3-5). Для обеспечения жесткости опалубки-облицовки тяжи, скрутки и форкопфы следует ставить ближе к узлам армокаркаса (рис. 3-6).

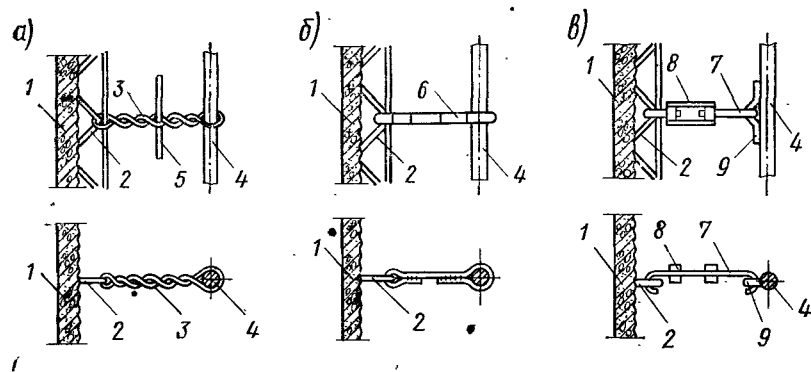


Рис. 3-4. Крепление плоских опалубочных плит:

а — скрутками; б — тяжами; в — форкопфами; 1 — плита; 2 — анкерующая петля; 3 — скрутка; 4 — стержень армокаркаса; 5 — обрезок арматуры; 6 — тяж; 7 — крюк; 8 — гайка; 9 — петля

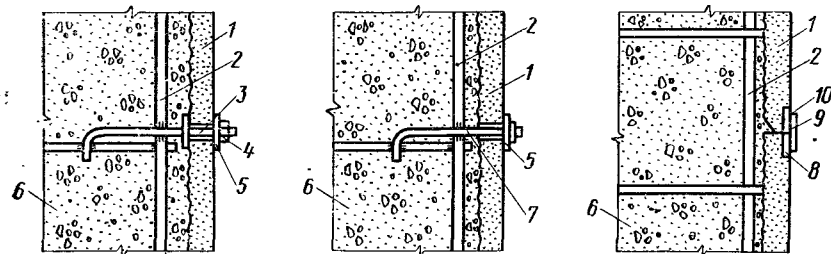


Рис. 3-5. Крепление опалубочных плит через отверстия:

1 — плита; 2 — армокаркас; 3 — тяж-фиксатор; 4 — гайка; 5 — шайба; 6 — бетон массива; 7 — тяж; 8 — закладные детали; 9 — накладка; 10 — сварной шов

В слабоармированных массивах и тонких стенках опалубочные плиты крепят с помощью инвентарных металлических или деревянных прогонов, которые снимают после бетонирования (рис. 3-7). После демонтажа прогонов выступающие концы тяжей срезают заподлицо с наружной поверхностью опалубки-облицовки, а швы между плитами заделывают цементным раствором.

Опалубку-облицовку из ребристых железобетонных плит применяют для весьма массивных конструкций (например, для фундаментов под прокатное оборудование). Крепят такие плиты к желе-

железобетонным стойкам сваркой или с помощью винтовых хомутов (рис. 3-8).

Армоцементная и стеклоцементная опалубка-облицовка. Армоцемент — это высокопрочный, мелкозернистый бетон, дисперсно армированный стальными ткаными сетками.

Армоцементные опалубочные плиты имеют ширину 2,5—3,5 м, ширину 1 м и наибольшую длину 3,5 м. Ширина их определяется размером стандартных тканых сеток, а длина — размером опалубливаемой поверхности. Плиты имеют мелкошероховатую активную поверхность, а в некоторых случаях также анкерующие петли-выпуски.

Применяют армоцементную опалубку-облицовку для бетонирования мощных колонн и пилонов, фундаментов под промышленные здания и оборудование, туннелей, опускных колодцев и т. п. Вследствие повышенной водонепроницаемости армоцементные плиты могут одновременно выполнять роль гидроизоляции подземных сооружений при подлоре грунтовых вод до 15 м водяного столба.

Для изготовления армоцементных опалубочных плит применяют мелкозернистый (песчаный) бетон марки 300 на портландцементе марки 500. Армиру-

ют плиты двумя ткаными сетками с ячейками 8—10 мм и диаметром проволоки 0,8—1,2 мм. Можно применить армирование в виде комбинированного армопакета, состоящего из двух тканых сеток, зажатых между стержнями сварной сетки диаметром 6—8 мм.

Перевозят и хранят армоцементную опалубку, как и железобетонную, в положении «на ребро» в специальных контейнерах (см. рис. 3-2). Монтируют ее кранами. Крепят армоцементные плиты в основном так же, как и железобетонные. Однако в связи с меньшей их толщиной и жесткостью шаг между крепежными элементами уменьшают до 0,5—0,7 м. По этой же причине такую опалубку обычно крепят с помощью инвентарных прогонов (рис. 3-9).

Стеклоцементная опалубка-облицовка имеет форму плит толщиной 12—20 мм, шириной до 1,2 и длиной до 2,5 м. Для изготовления такой опалубки применяют низкоосновные цементы, в частности глиноземистый. Армируют плиты несколькими слоями стеклоткани или рубленым стекловолокном. Стеклоцементные плиты можно пилить электропилами, а также сверлить в них отверстия. Благодаря повышенной водонепроницаемости стеклоцемента опа-

лубка-облицовка служит надежной гидроизоляцией подземных сооружений.

Металлическая опалубка-облицовка. Конструкции железобетонных сооружений облицовывают стальными листами в особо тяжелых условиях эксплуатации. Стальная облицовка может служить надежной гидроизоляцией, защищать бетон от истирания и от радиоактивного излучения.

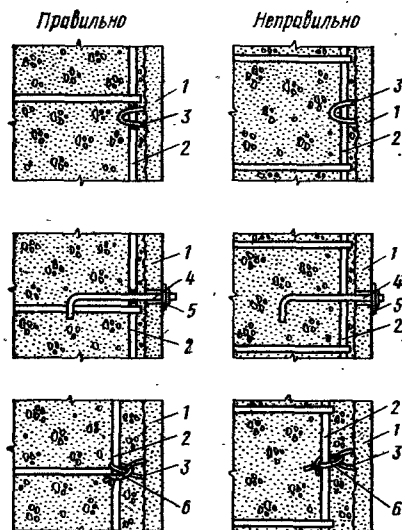


Рис. 3-6. Узлы крепления опалубочных плит к армокаркасу: 1 — плита; 2 — армокаркас; 3 — анкерующая петля; 4 — стяжка; 5 — шайба; 6 — скрутка

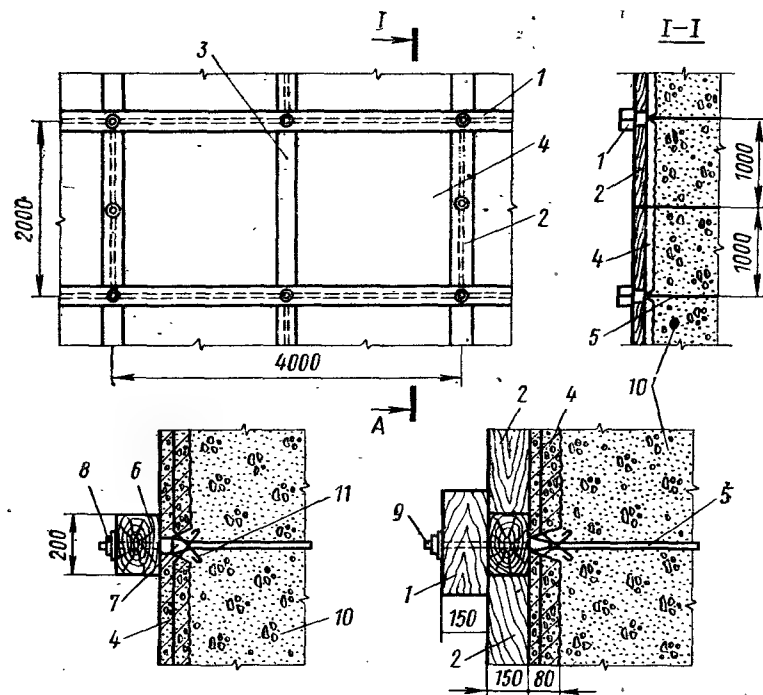


Рис. 3-7. Крепление опалубочных плит с помощью инвентарных прогонов:

1 — прогон; 2, 3 — поперечные бруски; 4 — плита; 5 — стяжка; 6 — обрамляющий брусок; 7 — резьбовая муфта; 8 — гайка; 9 — шпилька; 10 — бетон массива; 11 — арматурные выпуски

Металлическую опалубку-облицовку устанавливают, как правило, с одной стороны железобетонной конструкции. Для ее изготовления применяют стальные листы толщиной от 5 до 10 мм, из которых собирают укрупненные панели площадью до 50 м². Жесткость панелей обеспечивается приваркой швеллеров, которые остаются в бетоне и обеспечивают соединение облицовки с бетоном. С этой же целью к листам приваривают «усы» из круглой стали диаметром 12—16 мм.

Все сварные швы должны быть водонепроницаемыми; их подвергают испытаниям на плотность. Панели монтируют в проектное положение кранами; крепят их с помощью электросварки.

Применение металлической опалубки-облицовки в связи с ее высокой стоимостью должно быть обосновано технико-экономическим расчетом.

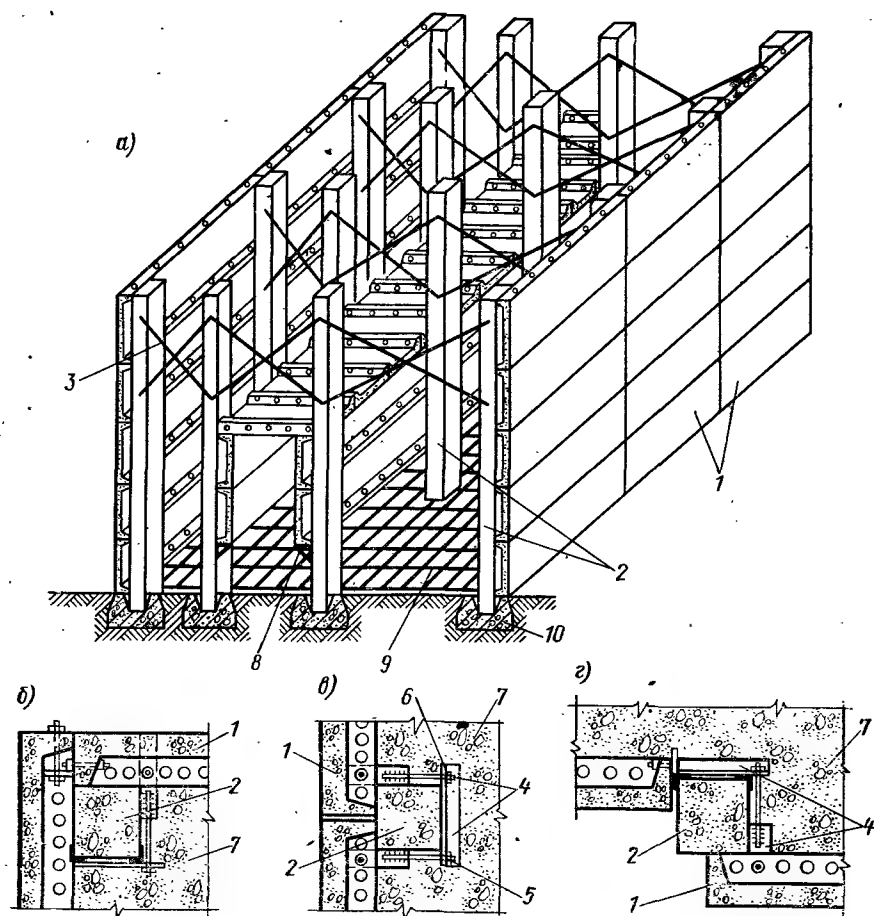


Рис. 3-8. Опалубка-облицовка массивного фундамента под прокатное оборудование:

а — общий вид; б, в, г — узлы крепления плит; 1 — плита; 2 — железобетонная стойка; 3 — подкосы; 4 — детали крепления; 5 — гайка; 6 — шайба; 7 — бетон массива; 8 — опорный столик; 9 — арматура; 10 — фундамент — «башмак»

Сетчатая опалубка. Для бетонирования конструкций и сооружений, боковые поверхности которых могут несколько отклоняться от плоскости, используют сетчатую опалубку. Применяют ее для бетонирования стен подвалов, опускаемых колодцев, туннелей, стаканов фундаментов и др.

В качестве опалубки можно применять стальные тканые сетки с ячейками от 5×5 до 12×12 мм и диаметром проволоки 0,8—

1,2 мм. Сетчатая опалубка может быть съемной и несъемной. Съемную сетчатую опалубку (рис. 3-10) выполняют из сетки с ячейкой 10×10 или 12×12 мм. Чтобы исключить утечку цементного молока из бетона, перед сеткой со стороны бетона прокладывают слой толя или рубероида, который прижимают к сетке арматурными прижимными стержнями на скрутках из вязальной проволоки. Между собой отдельные полотна сетки сшивают вязальной проволокой.

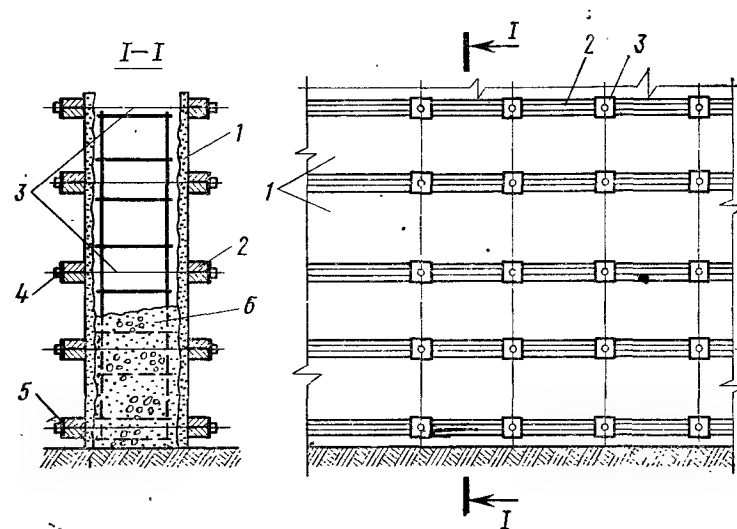


Рис. 3-9. Крепление армоцементной опалубки облицовки с помощью инвентарных прогонов:

1 — плита; 2 — прогон; 3 — тяж; 4 — гайка; 5 — шайба; 6 — бетон массива

Крепят сетчатую опалубку с помощью вертикальных стержней диаметром 22—25 мм, которые соединяют коротышками на сварке. Давление бетонной смеси на сетчатую опалубку воспринимают наружные вертикальные стержни, через коротышки оно передается элементам арматурного каркаса. После бетонирования и выдержки сетку снимают для повторного использования.

Несъемную сетчатую опалубку выполняют из сетки с более мелкими ячейками (5×5 или 8×8 мм) (рис. 3-11). Сетку, сшитую из отдельных полотен, крепят к армокаркасу с помощью скруток и вертикальных стержней диаметром 22—25 мм. Для уменьшения утечки цементного молока осадку конуса бетонной смеси принимают от 0 до 3 см. В процессе виброуплотнения цементное молоко заполняет ячейки сетки, которая оказывается в бетоне. После бетонирования снимают только вертикальные крепежные стержни, сетка же остается в бетоне.

Сетчатая опалубка в отдельных случаях экономичнее инвентарной. Ее используют также там, где съем опалубки затрудняется (например, для образования рабочих швов в стенах и плитах большой толщины).

§ 2. Обеспечение надежного сцепления опалубки-облицовки с бетоном

Прочность и долговечность сборно-монолитных конструкций определяется надежностью стыка опалубки-облицовки с бетоном. С этой целью помимо конструктивных мер (шероховатость активной поверхности, петли-выпуски, «усы») при укладке бетонной смеси следует предусматривать технологические меры, увеличивающие сцепление опалубки с бетоном.

Непосредственно перед бетонированием активную поверхность железобетонной, армоцементной и стеклоцементной опалубки следует увлажнить, не допуская, однако, образования на ней луж. Поверхность стальной опалубки-облицовки должна быть очищена от грязи, масла, ржавчины и окалины.

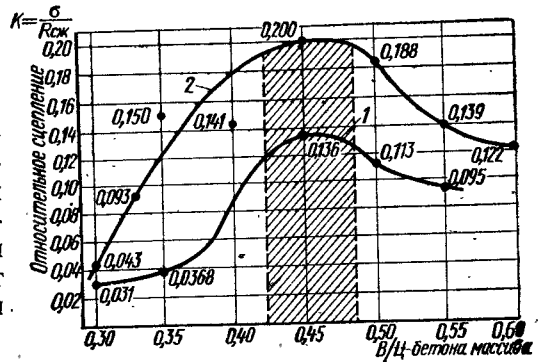


Рис. 3-12. Зависимость относительного сцепления между «новым» и «старым» бетоном от В/Ц «нового» бетона:
1 — для мелкозернистого бетона; 2 — для бетона на крупном заполнителе

Сцепление между бетоном и опалубочными плитами зависит также от водоцементного отношения бетонной смеси, укладываемой в опалубку-облицовку. Оптимальное значение В/Ц колеблется в пределах 0,43—0,48 (рис. 3-12). При укладке малоподвижных и жестких смесей даже при виброуплотнении трудно обеспечить надежный контакт цементного клея с активной поверхностью опалубки-облицовки и хорошее сцепление между ними. С другой стороны, пластичные и литые смеси имеют значительную усадку, которая приводит к образованию в плоскости стыка трещины и снижает сцепление.

Особое внимание следует уделять виброуплотнению бетонной смеси, укладываемой в опалубку-облицовку. При этом затруднен контроль за качеством уплотнения, поэтому вибрирование должно поручаться наиболее квалифицированным бетонщикам.

Уход за бетоном также влияет на сцепление. Систематическое увлажнение сборно-монолитных конструкций в течение периода твердения бетона массива снижает вероятность появления усадочных трещин в стыке, а следовательно увеличивает сцепление.

§ 3. Преимущества опалубки-облицовки

При технико-экономическом сопоставлении опалубки-облицовки с инвентарными принимают во внимание весь комплекс затрат

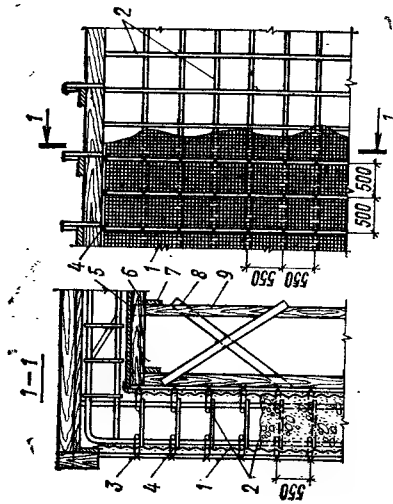


Рис. 3-11. Несъемная сетчатая опалубка:
1 — секка; 2 — армокаркас; 3 — прижимной стержень; 4 — скрутка; 5 — деревянная опалубка; 6 — кружалная доска; 7 — прогон; 8 — подкос; 9 — стойка

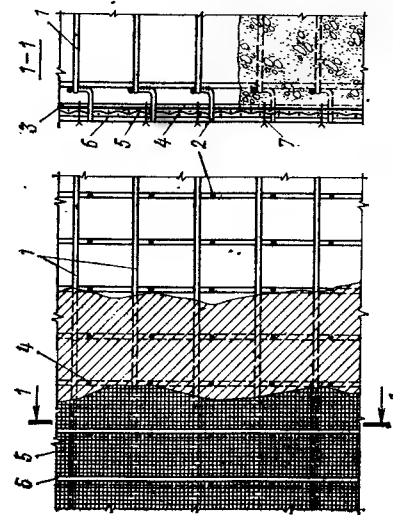


Рис. 3-10. Съемная сетчатая опалубка:
1 — армокаркас; 2 — коротыш; 3 — арматурный
стержень; 4 — слой толя; 5 — сетка; 6 — прижим-
ной стержень; 7 — скрутка

по обоим вариантам (стоимость материалов, зарплата и трудоемкость на изготовление и установку, накладные расходы).

Применение опалубки-облицовки позволяет экономить дорогостоящие и дефицитные материалы — сталь, фанеру, пиломатериалы и др. Вследствие того что площадь опалубочных плит больше площади инвентарных щитов, ускоряется процесс монтажа опалубки-облицовки.

Конструктивные особенности и значительная жесткость плит упрощают крепление их в блоках бетонирования.

Применение опалубки-облицовки дает возможность снизить трудоемкость опалубочных работ примерно на 80% по сравнению с деревянной щитовой опалубкой и на 35—40% в сравнении с инвентарной металлической. Соответственно стоимость опалубочных работ снижается до 60 и 10—15%.

Опалубку-облицовку целесообразно применять для бетонирования массивных монолитных конструкций при наличии в ней достаточно жесткого армокаркаса и простой конфигурации монолитных конструкций и сооружений.

РАЗДЕЛ ВТОРОЙ АРМАТУРНЫЕ РАБОТЫ

ГЛАВА 4 АРМАТУРА И АРМАТУРНЫЕ ИЗДЕЛИЯ

§ 1. Классификация арматурных сталей

Арматуру, вводимую в бетонные конструкции для восприятия растягивающих усилий (при изгибе, растяжении, внецентренном сжатии и растяжении), располагают главным образом в растягиваемых частях. В отдельных случаях арматуру применяют для усиления бетона против сжимающих усилий.

Арматуру подразделяют на рабочую, воспринимающую рабочие нагрузки, и распределительную, позволяющую распределить усилия между рабочей арматурой. Арматуру используют также для восприятия усадочных, температурных, транспортных и других временных нагрузок.

Арматура должна надежно работать совместно с бетонным камнем, ее прочностные свойства должны полностью использоваться при работе под нагрузкой.

Марку арматурной стали выбирают с учетом типов монолитных конструкций и схемой их работы, а также прочностных характеристик бетона. Применение высокопрочных бетонов позволяет использовать стали повышенной прочности. Высокопрочные арматурные стали применяют главным образом для предварительно напряженных конструкций.

Степень армирования железобетонных конструкций определяется коэффициентом армирования μ , который равен отношению площади сечения рабочей арматуры F_a к площади сечения бетона F_b :

$$\mu = F_a / F_b.$$

Процент армирования выражают произведением $\mu \cdot 100 = \mu, \%$.

Сталь для арматуры в зависимости от механических свойств подразделяют на классы А-I, А-II, А-III и др. Марки стали обозначают в зависимости от химического состава; металлы, входящие в состав стали, обозначают буквами: Г — марганец, С — кремний, Т — титан, Ц — цирконий, Х — хром, М — молибден. Например, в марке стали 23Х2Г2Ц первые цифры указывают на содержание углерода в сотых долях процента; цифры после буквенных обозначений обозначают содержание соответствующего элемента в процентах (при отсутствии цифры содержание его не превышает 1%).

В зависимости от технологии изготовления арматуру подразде-

Таблица 4-3

Сортамент и механические характеристики
проволоки класса В-I

Номинальный диаметр проволоки, мм	Площадь поперечного сечения, мм ²	Временное сопротивление разрыву, кгс/мм ²	Число перегибов на 120° при диаметре валика 30 мм
3	7,07	55	4
4	12,07	55	4
5	19,63	55	4
6	28,27	55	4
7	38,48	45	4
8	50,27	45	—

Таблица 4-1

Сортамент и механические характеристики горячекатаной стали

Класс стали	Вид стержней		Условный предел текущей кгс/см ²	Временное сопротив- ление разрыву, кгс/см ²	Относи- тельное удлинение (измене- ние) при разрыве, %	Угол загиба в холод- ном состоянии, град, при диаметре оправки	
	профиль	диаметр, мм				5d	3d
			не менее				
A-I	Гладкий	6—40	2400	3800	25	180	—
A-II	Периодический	10—90	3000	5000	19	—	180
A-III	То же	6—40	4000	6000	14	—	90

Таблица 4-4

Механические свойства стержневой арматуры
для предварительно напряженных конструкций

Арматурная сталь		Условный предел текучести, кгс/см ²	Временное сопротивление разрыву, кгс/см ²	Угол загиба в холодном состоянии при диаметре оправки 5d, град	Начальный модуль упругости, кг/см ²	Диаметр стержней, мм
класс	марка					
A-IV	80С	6 000	9 000	45	2·10 ⁶	10—18
	20ХГ2Ц	6 000	9 000	45	1,9·10 ⁶	10—32
At-IV	20ГС и 20ГС2	6 000	9 000	45	1,9·10 ⁶	10—25
	23Х2Г2Т	8 000	10 500	45	1,9·10 ⁶	10—22
A-V	20ГС и 20ГС2	8 000	10 000	45	1,9·10 ⁶	10—25
	20ГС и 20ГС2	10 000	12 000	45	1,9·10 ⁶	10—25

Таблица 4-5

Характеристика высокопрочной проволоки класса В_p-II

Диаметр проволоки, мм	Расчетная площадь сечения, см ²	Расчетное сопротивление на изгиб, кгс/см ²	Нормативное сопротивление, кгс/см ²
		не менее	
3	0,071	11 500	18 000
4	0,126	10 800	17 000
5	0,196	10 200	16 000
6	0,283	9 600	15 000
7	0,385	8 900	14 000
8	0,502	8 300	13 000

Таблица 4-2

Стали для изготовления арматурных стержней

Класс	Диаметр стержней, мм	Сталь	Марка стали
A-I	6—40	Низкоуглеродистая	Ст3
A-II	10—40	Среднеуглеродистая	Ст5
A-II	45—90	Низколегированная	18Г2С
A-III	6—40	кремнемарганцовистая	25Г2С—30ГС
		То же	

ляют на стержневую, изготавливаемую горячей прокаткой стали, и проволочную, получаемую волочением в холодном состоянии. Как стержневую, так и проволочную арматуру выпускают гладкой и периодического профиля для улучшения сцепления с бетоном.

Стержневую арматуру (термин «стержень» обозначает арматурную сталь любого диаметра и профиля независимо от поставки в прутках, мотках или бухтах) можно подвергать термическому упрочнению после проката и упрочнению в холодном состоянии.

Механические характеристики горячекатаной арматуры приведены в табл. 4-1.

Арматурную проволоку выпускают низкоуглеродистую обыкновенную класса В-I (В — волоченая) и высокопрочную углеродистую класса В-II, которую используют для предварительно напряженных конструкций. Проволоку периодического профиля дополнительно обозначают индексом «р» — рифленая (например, В_p-II).

Марки сталей классов А-I — А-II, используемых для изготовления арматурных стержней, указаны в табл. 4-2. В табл. 4-3 приведены механические характеристики проволоки класса В-I, а в табл. 4-4 — основные механические свойства стержневой арматуры. Характеристики высокопрочной проволоки В_p-II указаны в табл. 4-5.

Для предварительно напряженных конструкций применяют высокопрочную арматуру следующих классов и марок: горячекатаную класса А-V марок 80С, 20ХГ2Ц; горячекатаную класса А-V марок 23Х2Г2Т; термически упрочненную классов Ат-IV, Ат-V и Ат-VI.

Для предварительно напряженных конструкций применяются пряди, изготавливаемые из светлой непромасленной гладкой проволоки диаметром 1,5—3 мм и 4—5 мм.

Семипроволочные пряди (рис. 4-1, е) готовят из центрально расположенной проволоки, диаметр которой примерно на 10% больше диаметра периферийных, обвитых вокруг центральной. Шаг свивки равен 14—16-кратному номинальному диаметру пряди.

Профили арматурной стали показаны на рис. 4-1.

В качестве арматуры применяют также канатную проволоку двух- и трехпрядную, свитую из двух или трех семипроволочных или 19-проволочных прядей с диаметром проволоки от 1,5 до 3 мм. Общий диаметр двухпрядного каната из семипроволочных прядей колеблется от 9 до 18 мм.

Арматурные стали должны обладать достаточной пластичностью. При пониженной пластичности стали возможно хрупкое разрушение конструкции и раннее исчерпание ее несущей способности. Кроме того, возможен хрупкий излом арматуры при намотке, натяжении и других технологических операциях по ее заготовке.

Пластичность характеризуется относительно удлинением при разрыве, а также при испытаниях на изгиб.

Арматурные стали, имеющие при растяжении четко выражен-

ную площадку текучести (классов А-I—А-III и др.), условно считают мягкими, а высокопрочные, холодносплюснутые, при арматурной проволоке диаметром до 5,5 мм — твердыми.

Расчетные напряжения мягких сталей принимают менее предела текучести. Предел текучести твердых сталей условно принимается равным 0,85 предела прочности. При увеличении напряжений выше предела текучести мягкие стали приобретают свойство повышать сопротивление с переходом в стадию самоупрочнения.

Силовая обработка мягких сталей (вытяжка в холодном состоянии, сплющивание) позволяет повысить их механические характеристики. Новый предел текучести и прочности упрочненной стали вследствие старения металла может несколько увеличиваться, при этом сталь делается более хрупкой.

§ 2. Неметаллическая арматура

Многие синтетические волокна (например, капрон, нейлон) обладают достаточно высокой прочностью на растяжение, не уступающей прочности стали, при значительно меньшей объемной массе. Однако использовать их в бетоне пока невозможно вследствие высоких деформаций при растяжении или низкого модуля упругости (до 50000 кгс/см²), значительно более низкого, чем у бетона.

Наиболее эффективным материалом является стеклянная арматура в виде стекловолокна, а также тканых сеток — стеклотканей и холстов.

В наибольшей степени стекловолокно используется для армирования цементного камня, получения стеклоцемента, обладающего рядом положительных свойств, в том числе при достаточно высокой прочности, невысокой водо- и газопроницаемости. По прочности (18000—22000 кгс/см²) стекловолокно не уступает высокоуглеродистой стальной проволоке при значительно меньшей (в 3—5 раз) объемной массе. Вместе с тем модуль упругости волокна (до 800000 кгс/см²) ниже, чем у стали.

Кроме сплошной арматуры широко применяется рубленое волокно с хаотическим распределением в цементном камне.

Для армирования бетона целесообразно применение предварительно напряженных стеклобалок.

Из природных материалов в качестве арматуры наиболее широко применяют асбест — для армирования главным образом цементного камня. Асбестоцемент обладает высокой непроницаемостью и прочностью.

§ 3. Арматурные изделия

Основными арматурными изделиями являются (рис. 4-2) плоские и гнутые сетки и каркасы, пространственные каркасы, закладные детали.

Часть арматурных изделий в настоящее время унифицированы и налажено централизованное их изготовление. В ЦНИИ промзда-

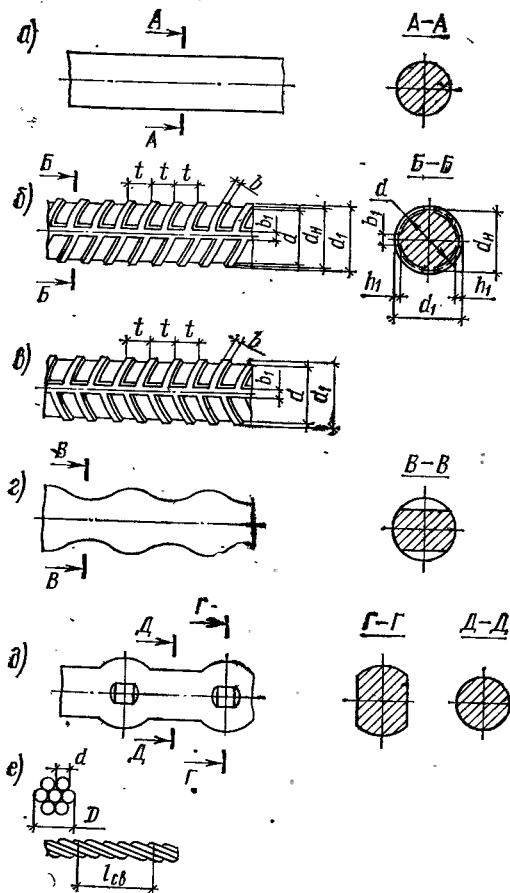


Рис. 4-1. Профили арматуры:

а — гладкая круглая; б — горячекатаная периодического профиля класса А-II; в — горячекатаная периодического профиля класса А-III; г, д — проволока сплюснутая; е — семипроволочная прядь

ний и ЦНИИОМТП разработаны унифицированные арматурные сетки для конструкций подземного строительства, которые начали вводиться с 1972 г. Разработаны примеры армирования различных конструкций с использованием унифицированных сеток (табл. 4-6).

Таблица 4-6

Размеры унифицированных сеток

Оптимальная длина сеток, мм, при ширине, мм				Оптимальная длина сеток, мм, при ширине, мм			
1050	1450	2050	3050	1050	1450	2050	3050
1450	1450	—	—	—	4450	4450	4450
1750	1750	—	—	—	4750	4750	4750
2050	2050	—	—	—	5050	5050	5050
2350	2350	—	—	—	5350	5350	5350
2650	2650	2650	—	—	5650	5650	5650
2950	2950	2950	2950	—	5950	5950	5950
3250	3250	3250	3250	—	6250	6250	6250
3350	3350	3350	3350	—	6550	6550	6550
3850	3850	3850	3850	—	6850	6850	6850
4150	4150	4150	4150	—	7150	7150	7150

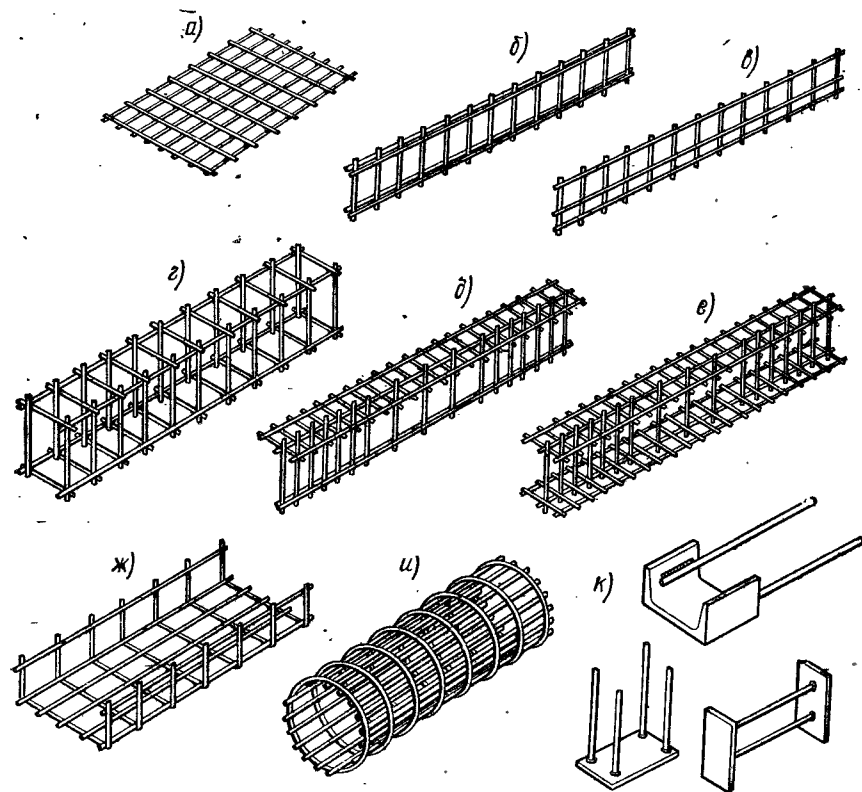


Рис. 4-2. Виды арматурных изделий:

а — плоская сетка; б, в — плоские каркасы; г — пространственный каркас; д — пространственный каркас таврового сечения; е — то же, двутаврового сечения; ж — гнутая сетка; и — то же, криволинейного сечения; к — закладные детали

Сетки выполнены с рабочей арматурой одного направления диаметром 12, 14, 16, 18, 20, 22 и 25 мм с шагом 200 мм и монтажной арматурой диаметром 8, 10 и 12 мм с шагом 600 мм. Рабочая арматура выполнена из стали классов А-II и А-III, монтажная — из стали класса А-I.

Унифицированный ряд сеток состоит из набора разных их типов, размеров и несущей способности. Размерный модуль принят равным 300 мм.

Армировать конструкции можно как плоскими отдельными сетками, так и пространственными каркасами, которые собирают из унифицированных сеток. Для изготовления таких сеток разработано высокопроизводительное оборудование.

Унифицированные легкие товарные арматурные сетки, широко применяемые в нашей стране, выпускают централизованно заводы метизной промышленности Минчермета, а также районные арматурные заводы. Сетки изготовляют как плоские, так и рулонные. Они состоят из продольной и поперечной арматуры. Изготавливают их с помощью контактной сварки из низкоуглеродистой холодно-тянутой проволоки диаметром 3—7 мм и горячекатаной низколегированной стали периодического профиля класса А-III. Сетки выпускают длиной до 9 м и шириной от 1,5 до 0,3 м с рабочей и распределительной, а также рабочей арматурой в двух направлениях с переменным шагом.

Сетки маркируют с указанием размеров и характеристики. Например, сетку шириной 1500 мм, длиной 5900 мм с продольными стержнями диаметром 4 мм, установленными на расстоянии друг от друга на 150 мм, и поперечными стержнями диаметром 3 мм, установленными с шагом 250 мм, обозначают так: сетка $\frac{150(250)4/3}{1500 \times 5900}$

(ГОСТ 8478—66).

Плоские сетки поставляют пакетами, рулонные — целиком рулоном массой по 100—150 кг. Внутренний диаметр рулона должен быть не меньше 500 мм.

Для изготовления тонкостенных армоцементных конструкций выпускаются тканые сетки с ячейками 5—20 мм из тонкой проволоки диаметром 0,7—1,6 мм (табл. 4-7).

Расчетное сопротивление растянутой арматуры тканых сеток при $\mu \leq 2,5\%$ и сжатой при $\mu \leq 1\%$ равно 2100 и 2400 кгс/см².

Плоские каркасы выпускают в виде относительно узких и длинных изделий. Каркасы изготовляют в виде решеток из рабочих продольных и распределительных поперечных стержней. Поперечные стержни воспринимают также скалывающие и растягивающие напряжения, в частности в опорных частях конструкций, работающих на изгиб.

Таблица 4-7

Основные характеристики тканых сеток арматуры

№ сетки	Диаметр проволоки, мм	Площадь сечения проволоки, см ²	Масса 1 м ² , кг	Количество проволоки на 1 м, шт.	Процент армирования μ , %, при одном слое сетки на 1 см толщины конструкции
5	0,7	0,00385	1,1	180	0,69
6	0,7	0,00385	0,9	150	0,58
6	1,2	0,01131	2,7	140	1,58
7	0,7	0,0385	0,8	130	0,5
7	1,2	0,01131	2,3	120	1,36
8	0,7	0,00385	0,7	110	0,49
8	1,2	0,01131	2,1	115	1,24
9	1,0	0,00785	1,3	100	0,78
10	1,0	0,00785	1,2	91	0,71
11	1,2	0,01131	1,5	82	0,93
12	1,2	0,01131	1,4	76	0,86
20	1,6	0,0201	1,5	46	0,92

Пространственные каркасы выпускают различных сечений — замкнутые, прямоугольные и криволинейные, с переменным сечением по длине и т. д. Изготавливают такие каркасы как путем сгиба плоских сеток, так и соединением в местах сопряжения. Криволинейные каркасы особых очертаний для армирования специальных конструкций типа свай, труб и т. д. изготавливают на специальных установках намоткой и приваркой арматуры по образующей на продольные стержни, подаваемые в горизонтальном направлении.

Металлические закладные детали предназначены для соединения железобетонных конструкций, в том числе монолитных со сборными (например, навесных панелей с монолитными стенами и перекрытиями). Закладные различной конфигурации выполняют большей частью из стальных пластин или прокатных профилей. С помощью анкерных устройств их соединяют с арматурой. Ввиду того что часть закладных деталей в рабочем положении не защищена бетоном, их изготавливают с антикоррозионным покрытием (например, цинком). Если соединение ведется способами, разрушающими покрытие (например, сваркой), на площадке их необходимо дополнительно оцинковывать.

Опыт унификации арматурных сеток имеется у зарубежных фирм. С целью индустриализации производства арматурные изделия в некоторых странах изготавливают централизованно на мощных специализированных предприятиях производительностью 20—80 тыс. т/год.

Фирма «Егер» (ФРГ) выпускает унифицированные арматурные сетки, рулонные и плоские из неперфорированной арматуры и арматуры периодического профиля. Наибольшим спросом пользуются плоские сетки, не требующие специального оборудования для подготовки их перед монтажом.

По индивидуальным заказам выпускают также специальные арматурные сетки индивидуальных размеров и сечений, а также сетки для специальных сооружений: дорог, полос, полов и др.

Унифицированные сетки имеют набор типоразмеров длиной до 6 м. Такой набор сеток различного сечения и размеров позволяет армировать большинство монолитных конструкций, размеры которых также унифицированы.

Согласно размерам и типам бетонируемых конструкций составляется подбор сеток, составляется план их раскладки, при необходимости производится резка сеток. Арматурные сетки выпускают с одинарными, сдвоенными и переменного сечения арматурными стержнями.

Соединяют сетки внахлестку. Конструкция сеток позволяет получить сечение арматуры в зоне нахлестки, аналогичное сечению средней части сетки, за счет того, что сетки со сдвоенными стержнями в зоне соединения выполнены с одинарными, на части сеток конечные участки выполнены со стержнями с увеличенным шагом или меньшего сечения.

ГЛАВА 5

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ АРМАТУРЫ

§ 1. Общие сведения

Арматурные изделия изготавливаются централизованно на районных арматурно-сварочных заводах мощностью от 20 до 80 тыс. т/год в зависимости от сосредоточенности потребителей арматуры и дальности перевозок. Однако все еще значительный объем арматурных изделий выпускают также мелкие арматурные цехи и мастерские производительностью 0,5—5 тыс. т/год, что увеличивает стоимость и трудоемкость изготовления, кроме того, значительны потери арматурной стали. Трудоемкость изготовления арматуры на мелких предприятиях в связи с большим количеством ручных операций достигает 5—6 чел.-дн/т.

В развитых капиталистических странах (Австрия, Англия, США, Франция, ФРГ, Швеция), а также в социалистических странах (Болгария, ГДР, Венгрия, Румыния) основной объем арматурных изделий производится централизованно на мощных предприятиях.

Пример технологической схемы арматурного цеха, разработанной Промстройпроектом, приведен на рис. 5-1.

Операции по изготовлению арматуры состоят из приемки и транспортирования арматурной стали, правки, чистки и резки, гибки стержней, сварки сеток и каркасов, гибки сеток и каркасов, сборки пространственных каркасов и транспортированию готовых изделий на склад. Склады арматурной стали и готовых изделий располагают в отдельном помещении или под навесом в торце здания.

Наиболее распространена агрегатно-поточная технология производства, при которой арматура перемещается от одного поста к другому.

В арматурных цехах обычно предусматривается две линии: изготовления арматуры из стали, поставляемой в бухтах (мотках), и из прутковой стали. Для хранения заготовок предусматриваются стеллажи.

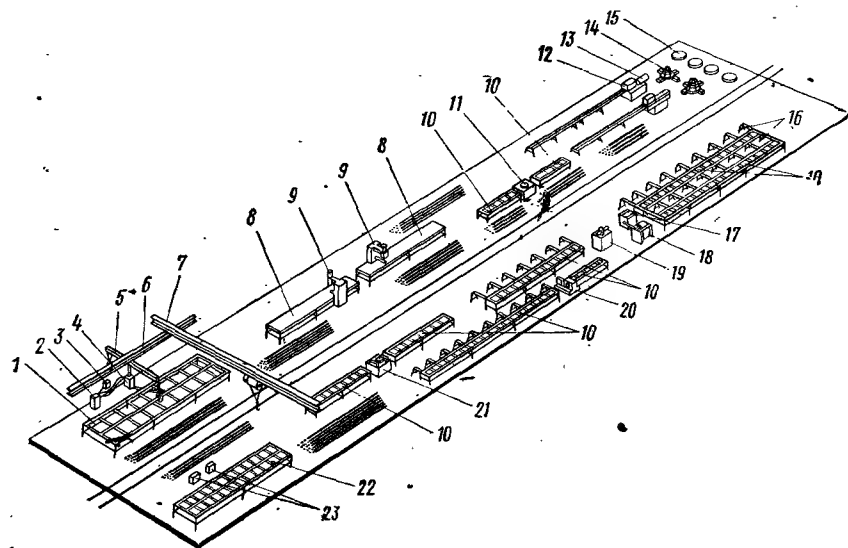


Рис. 5-1. Технологическая схема арматурного цеха (Промстройпроект):

1 — сборочный кондуктор; 2 — силовой шкаф; 3 — реле времени; 4 — трансформатор; 5 — подвеска машины; 6 — монорельс; 7 — край-балка; 8 — стол; 9 — машина для точечной сварки; 10 — роликовые столы; 11 — станок для гибки; 12, 13 — правильно-отрезной станок; 14 — вертушки; 15 — мотки арматурной проволоки; 16 — козлы; 17 — стаяк для чистки прутковой арматуры; 18 — машина для стыковой сварки; 19 — стаяк для правки прутковой арматуры; 20 — станок для резки стали; 21 — станок для гибки; 22 — кондуктор для сварки; 23 — сварочный трансформатор

Проволока диаметром до 10 мм и сталь периодического профиля диаметром до 9 мм поступает на завод в бухтах, арматурная сталь больших диаметров поставляется прутками длиной от 4 до 12 м, уложенными в бухты массой до 10 т. Готовые сетки для заготовки каркасов поступают плоскими или в рулонах. Складывать арматурную сталь следует отдельно по ее маркам, диаметрам и длине стержней. С целью уменьшения отходов сталь, которая в последующем должна быть разрезана, сортируют по типоразмерам в зависимости от необходимой длины заготовок. Хранение производится в специальном закрытом помещении или под навесом, запрещается складирование арматуры на земляной пол.

§ 2. Правка, чистка и резка арматурной стали

Заготовка арматурной стали, поступающей в бухтах, производится в автоматических станках, которые одновременно разматывают бухты, выпрямляют прутки и режут их на стержни необходимой длины.

Проволока подается тянущими роликами, резка — ножами по ходу движения без остановки. Очищают и правят проволоку в быстровращающемся барабане. Проволока проходит через отверстия в

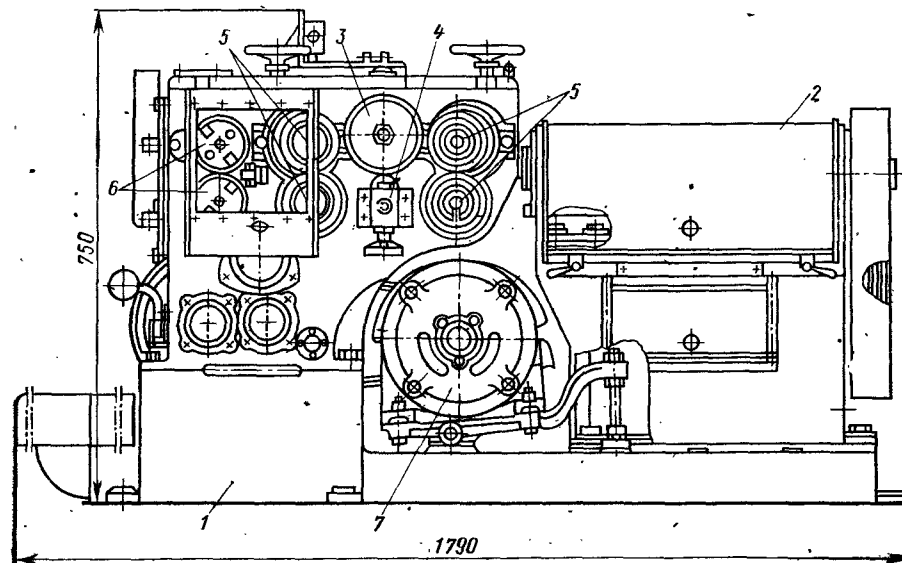


Рис. 5-2. Правильно-отрезной станок СМЖ-142А (СМ-759):

1 — станина; 2 — правильный барабан; 3 — роликовый измеритель длины; 4 — прижимной ролик; 5 — подающие ролики; 6 — диски с ножами; 7 — электродвигатель

эксцентриковых плашках. При прохождении плашек проволока принимает форму волны, амплитуда которой регулируется перемещением плашек. Проволока выпрямляется в результате поочередного изгиба в различных направлениях и одновременного протягивания.

Резку арматурной стали диаметром более 14 мм выполняют на станках гильотинного типа.

Станок СМЖ-142А (СМ-759) (рис. 5-2) для резки арматурной стали состоит из подающих роликов с приводом, правильного устройства, вращающихся ножей и роликового измерителя длины. Клиновидные ножи установлены на вращающихся дисках. Необходимая длина отмеривается автоматически с помощью счетчика.

Тянущие ролики протягивают арматурную сталь и подают ее в приемный лоток. При протаскивании арматурная сталь вращает

опорные ролики. Вращение мерительного диска передается кулачку, который взаимодействует с конечным выключателем, приводящим в действие вращающиеся ножи.

Прутки необходимой длины станок ИАО-35Е отрезает при воздействии проволоки на выключатель, который приводит в работу электромагнит, включающий режущие ножи. Для резки коротких стержней используют станок СМЖ-192. Арматурная сталь подается двумя конусами, установленными на валах с шестернями, которые могут соединяться с шестернями приводного вала. Режущие ножи установлены на конусах, которые закреплены на валах, расположенных под углом 40° один над другим.

Регулирование длины отрезания правильно-отрезными станками по вращающимся мерительным дискам не обеспечивает достаточной точности.

На станке ИО-35В можно обрабатывать арматурную сталь как гладкую, так и периодического профиля. В других станках для обработки стали периодического профиля должны быть установлены плашки из высокопрочного сплава.

Правка и чистка тяжелой арматуры диаметром более 16 мм производится вручную с помощью специальных приспособлений: плит со штырями и накидных ключей. Арматуру зажимают между стержнями или захватами ключей и выпрямляют выгибом.

Стержни диаметром более 24 мм правятся на приводных гибочных станках. Стержни очищают ручными и электрическими стальными щетками.

Для резки стержней применяют ручные и приводные станки, а для резки тяжелых стержней и проката используют пресс-ножницы.

Подвижной нож станка С-370 установлен на кулисе, совершающей качательное движение. Кулиса установлена на эксцентриковом валу, снабженном приводом. Стержни меньшего диаметра целесообразно резать на несколько частей. Число разрезаемых прутков зависит от их диаметра и марки стали (табл. 5-1).

Подвижной нож станка СМ-3002 (рис. 5-3) приводится в действие рабочим цилиндром; неподвижный нож установлен в нижней

штулке упорного цилиндра. Привод станка — гидравлический, управляется он автоматически или нижней педалью. Для отмеривания нужной длины прутков устанавливают упор с конечным выключателем. В отличие от станка СМ-3002 режущий механизм станка С-445 установлен в вертикальной плоскости, что упрощает подачу арматуры в зазор между ножами.

Комбинированными пресс-ножницами С-229А можно резать также прокатные заготовки и пробивать отверстия в закладных деталях. Подвижный клиновидный нож установлен на держателе ползуна, который совершает возвратно-поступательное движение. Нижние клиновидные ножи неподвижны. Подвижный нож для резки листового металла и проката закреплен на подвижной кулисе.

Ручные ножницы СМЖ-214 установлены на колесах и могут вручную перемещаться (рис. 5-4). Ручной режущий орган соединен рукавом с насосной станцией и приводится в действие гидроприводом. Включается и выключается механизм нажатием курка.

Для резки арматурных сеток применяют специальную установку и ножницы Н-201; 7247А/4 (СМЖ-60); 7247А/8 (СМЖ-62).

Подвижный и неподвижный ножи ножниц Н-201 установлены на подвижных и неподвижных балках. Подвижная балка перемещается двумя шатунами, связанными с эксцентриками приводного вала.

Управление ножницами может быть как ручное, так и автоматическое. Отмеряют и устанавливают резак на разную длину сеток с помощью счетчика импульсов. На определенный диаметр рабочей арматуры сетки ножницы настраивают с помощью счетчика импульсов подъемом или опусканием стола, на который укладывают сетки. Сетка отрезается одновременно по всей ширине.

Ножницы марки 7247А/4 снабжены пневматическим приводом, резка осуществляется попеременно по два рабочих стержня. Ножницы 7247А/8 установлены на тележках, перемещаемой в продольном и поперечном направлениях. Сетка перемещается по столу, установленному над ножницами.

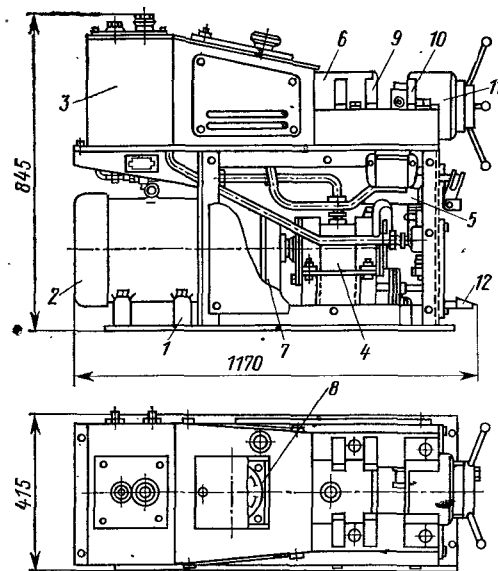


Рис. 5-3. Станок СМ-3002 для резки арматуры:

1 — рама; 2 — электродвигатель; 3 — масляный бак; 4 — насос; 5 — золотник; 6 — гидроцилиндр; 7 — муфта; 8 — манометр; 9 — подвижный нож; 10 — неподвижный нож; 11 — устройство для регулирования зазора между ножами; 12 — педаль управления

Таблица 5-1

Количество разрезаемых прутков на станке С-370

Марка стали	Диаметр прутков, мм							
	3	5	10	16	25	32	36	40
Ст3	30	20	10	5	2	1	1	1
Ст5	30	20	10	4	1	1	—	—

Размотка, правка и резка рулонных сеток производится с помощью специальной установки конструкции ЦНИИОМТП (рис. 5-5).

Рулон сетки устанавливают на ролики краном. Его можно установить также перекачиванием по откидным направляющим. Опор-

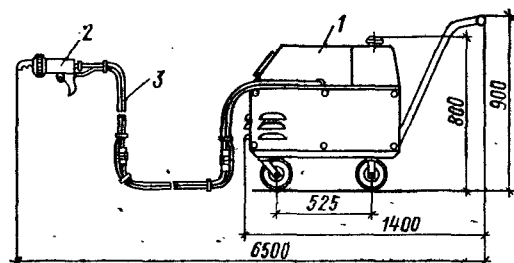


Рис. 5-4. Ручные ножницы СМЖ-214:
1 — насосная станция; 2 — ножницы; 3 — рукав высокого давления

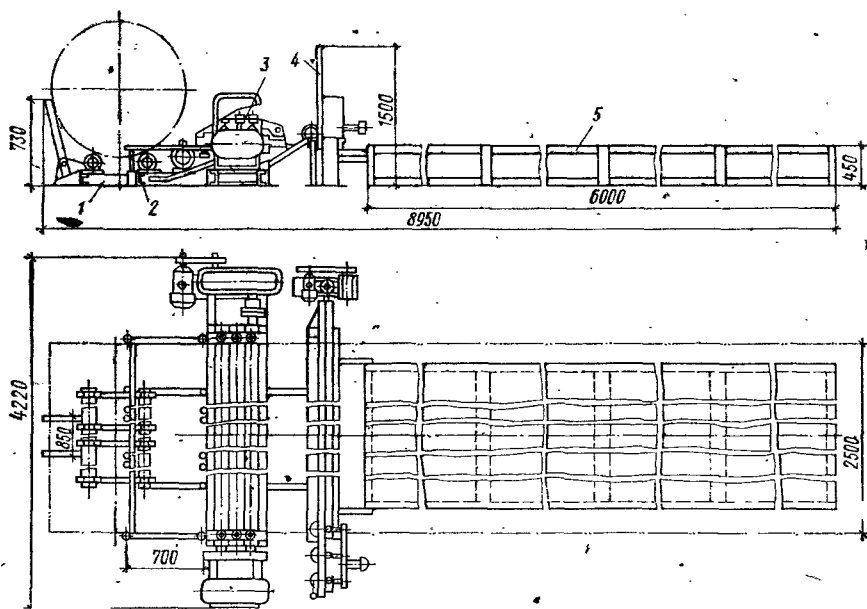


Рис. 5-5. Установка конструкции ЦНИИОМТП для правки и резки рулонных сеток:

1 — рама; 2 — ролики; 3 — механизм подачи; 4 — механизм резки; 5 — приемный стол

ные ролики позволяют свободно вращать рулоны при размотке. Конец сетки закрепляется между прижимными и правильными роликами, при прохождении которых сетка выпрямляется и подается на приемный стол. На столе установлен конечный выключатель,

при действии на него сетки при достижении необходимой длины отключается механизм подачи и включается механизм резки. Резка арматурных сеток производится отдельными стержнями, последовательно по ширине. Подвижный нож совершает возвратно-поступательное движение.

§ 3. Гибка арматурной стали

При изготовлении арматурных изделий гнут как стержни арматуры, так и сетки для пространственных каркасов. Для гибки арматуры используют как ручные, так и приводные станки. Вручную гнут арматурную сталь при небольшом объеме работ. Арматуру гнут вокруг центрального загибочного ролика при вращении диска. Упорный ролик, неподвижно закрепленный на станке, удерживает арматуру от смещения и поворота.

Ручные станки применяют для гибки стержней диаметром до 14 мм. Они состоят из корпуса, на котором установлена плита. На плите на центральном ролике шарнирно закреплен рычаг и установлен упорный ролик. Арматурный стержень зажимается между упорным и центральным роликом и изгибается при повороте рычага с помощью гибочного ролика, который закреплен на рычаге и поворачивается вместе с ним.

Для загиба одновременно нескольких стержней их устанавливают в держатель и закрепляют в нем строго вертикально. Держатель состоит из двух стягиваемых поверху пластин, между которыми один на другой закладывают арматурные стержни. Расстояние между пластинами соответствует диаметру загибаемых стержней.

Наиболее распространен станок С-146А. На таком станке гнут все основные элементы арматуры: крючки, «утки» любых углов и с крючками, хомуты и т. д. Гибка двух отгибов стержня («утки») производится направленными в разные стороны движениями диска.

Рабочий диск станка с установленными на нем центральным и гибочным роликами приводится в движение от электродвигателя через клиноременную передачу и редуктор. Станок управляется с помощью трехкнопочного выключателя. Станок укомплектован сменными роликами и шестернями с различным числом зубьев, что позволяет менять число оборотов диска в зависимости от диаметров арматурных стержней.

Станок С-564 предназначен для гибки тяжелой стержневой арматуры диаметром до 70 мм. На рабочем диске установлены сменные ролики, диаметр которых зависит от диаметра изгибаемой арматуры. Угол загиба устанавливают с помощью отсчета. Привод станка — от электродвигателя через зубчатые колеса и редуктор. Управление вращением диска автоматизировано: при загибе на требуемый угол и в нужном направлении вращения диска автоматически останавливается и он возвращается в исходное положение.

Станок 7251А для гибки сеток имеет пневматический привод. На основной секции станка можно гнуть сетки шириной до 3200 мм. Применение нескольких дополнительных секций позволя-

ет обрабатывать сетки шириной 6,9 и 12 м. Загибать сетки можно в двух направлениях — по продольным и поперечным стержням. Перемещение гибочной балки позволяет менять радиус загиба; упоры сеток при загибе могут переставляться в зависимости от шага стержней. Управляется станок с помощью ножной педали и кнопок, установленных на пульте управления.

§ 4. Сварка арматуры

Для соединения стержней при изготовлении сеток и каркасов применяют электродуговую и контактную точечную и стыковую сварку.

Вручную дуговую сварку крестовых соединений допускается вести в исключительных случаях — при сварке стержней больших диаметров и отсутствии оборудования для контактной сварки.

При дуговой сварке стержни соединяют с применением вспомогательных элементов: косынок, накладок и т. д.

Дуговая сварка неэкономична. Использование ее связано с дополнительным расходом арматурной стали и затратами труда; качество же сварных соединений получается недостаточно высокое.

Способ контактной стыковой сварки основан на использовании выделений тепла в местах контакта торцов стержней (из-за большого сопротивления в местах контакта) при пропускании через них электрического тока, в результате чего происходит их оплавление и при прижиме концов стержней — соединение. «Осадка» стержней продолжается некоторое время и после отключения тока. Давление сжатия торцов зависит от класса свариваемых сталей и площади стыка. Для быстрого нагрева металла и уменьшения тепловых потерь применяют высокие токи (порядка 50 000 А). Недостатками контактной сварки являются большая масса сварочного оборудования и высокие электрические мощности, что позволяет использовать их только в стационарных условиях.

При контактной сварке применяют как непрерывное, так и прерывистое оплавление. В последнем случае стержни многократно сближаются (от 3 до 20 раз) до легкого соприкосновения, вследствие чего они разогреваются и непрерывно оплавляются. При способе прерывистого оплавления требуется меньшая плотность тока, что позволяет при той же мощности сваривать стержни большего диаметра, уменьшить величину оплавления и избежать закалки металла в зоне стыка.

Режим стыковой сварки, характеризуемый длительностью протекания, силой и плотностью тока и зависящий от класса свариваемой арматурной стали, должен обеспечивать равномерность стыковых соединений материалов стержней при наименьшем расходе электроэнергии.

Длительность прохождения тока при сварке колеблется от 1 до 20 с в зависимости от площади поперечного сечения стержней: плотность тока при прерывистом оплавлении составляет от 3 до 15 А/мм², а при непрерывном оплавлении — от 10 до 50 А/мм². Дав-

ление осадки стержней составляет для сталей класса А-1 3—5 кгс/мм², классов А-II и А-III — 6—8 кгс/мм².

Жесткие режимы позволяют сократить время сварки, однако значительно увеличиваются потребные электрические мощности. Жесткие режимы целесообразны для хорошо свариваемых малоуглеродистых сталей; сваривать же более прочные стали нужно при более мягких режимах.

Лучшие результаты с получением равномерного стыка с пластическими деформациями при его разрушении дает сварка малоуглеродистых сталей марок Ст3 и низколегированных сталей средней прочности периодического профиля (например, марки 25Г2С). Хуже свариваются среднеуглеродистые стали периодического профиля марок Ст5, которые хотя образуют при сварке равнопрочный стык, однако возможно хрупкое его разрушение. Неравнопрочный основному металлу стык с хрупким разрушением получается при сварке низколегированных арматурных сталей повышенной прочности класса А-IV. Термические упрочненные стали мало пригодны для сварки.

Для подготовки торцов свариваемых стержней достаточно очистить их торцы от краски и ржавчины. Место контакта стержней с губками сварочных машин во избежание местных перегревов и поджога должно быть тщательно очищено.

Машины для стыковой сварки используют в полуавтоматических линиях стыковой сварки и резки арматурной стали в комплекте с отрезными станками.

В сварочных машинах применяется как ручное, так и автоматическое управление. В машинах с автоматическим управлением подогрев стержней, сближение и удаление стержней, осадка, включение тока происходят автоматически.

Привод сжима стержней машины АСП-10 (МС-501) — пружинный с педальным управлением, осадка стержней получается автоматическая, по мере нагрева. Машина оборудована тисками и механизмами для подготовки торцов стержней.

Машина МСМУ-150 может работать в режиме как непрерывного оплавления, так и прерывистого с предварительным подогревом арматуры. Стержни зажимаются рычажными зажимами с пневматическим приводом; извлекают стержни после сварки вручную.

При осадке стержни сжимаются электромеханическим приводом. Для плавного изменения скорости оплавления предусмотрен вариатор. Сборка стержней в каркас происходит автоматически, включение и выключение происходит с помощью электромагнитного контактора.

Машины МСГУ-300 и МСГУ-500 снабжены гидравлическим приводом, режим сварки у них с прерывистым и непрерывным оплавлением. Управление сваркой — автоматическое с помощью реле напряжения, электронного реле времени, конечных выключателей и электропневматических клапанов. Имеется набор зажимных контактных губок, форму которых выбирают с учетом типа свариваемых стержней.

Для стыковой сварки используют также машины, производящие сварку трением. Процесс сварки на таких машинах полностью механизирован; вручную выполняются операции по загрузке стержней и съема готовых заготовок. Машина управляется с помощью датчика величины осадки стержней и реле времени.

Принцип работы машин по сварке трением заключается в оплавлении быстро вращающихся стержней и последующем их сжатии. Один из стержней закрепляется неподвижно, второй — во вращающемся шпинделе.

Контактную сварку арматуры можно вести только в стационарных условиях из-за применения тяжелого немобильного оборудования. В ЦНИИОМТП разработана разновидность контактной сварки внахлестку с небольшим перепуском концов и приложением нормальных усилий сдавливания стержней до получения соосного соединения. Для этой цели применяют модернизированные подвесные контактные машины.

Разработка мобильной контактной машины, основанной на предложенной технологии, позволит значительно расширить область применения контактной сварки, использовать ее на строительных площадках.

Контактная точечная сварка. Этот вид сварки наиболее эффективен при заводском изготовлении плоских сварных сеток и каркасов. Способ сварки на многоэлектродных контактных машинах позволяет в наибольшей степени механизировать и автоматизировать процесс изготовления арматуры и снизить трудоемкость работ. При небольших объемах работ используют одно- и двухэлектродные машины.

Для сварки тяжелых арматурных сеток и каркасов, сборки пространственных каркасов, а также приварки отдельных стержней используют подвесные контактные машины со сварочными клещами.

Арматурные сетки каркасов изготовляют с применением кондукторов, обеспечивающих точность геометрических размеров и взаимное расположение элементов: прихватку нужно размещать в местах будущих сварных швов и выполнять с использованием тех же марок электродов.

Принцип осуществления точечной сварки тот же, что и стыковой: нагрев металла в месте крестообразного пересечения, оплавление и осаждение стержней под действием сжимающих усилий. Режим сварки может быть жестким или мягким в зависимости от времени разогрева, плотности и времени протекания тока.

Сварочные машины контактной точечной сварки изготовляют с автоматическим режимом управления. Машины выпускают с одно- и двусторонним подводом тока. В машинах с двусторонним подводом сварочный ток подводят к верхнему и нижнему стержням. Ток вторичного витка трансформатора проходит через электрододержатель, электрод, пересекающиеся стержни, верхний электрододержатель к первичному витку трансформатора.

При одностороннем подводе ток подводится снизу от вторично-

го витка трансформатора; он проходит через электрод, пересечения стержней, затем через верхний арматурный стержень ко второму пересечению стержней, второй электрод и на вторичный виток трансформатора.

При одностороннем подводе тока уменьшаются потери электроэнергии ввиду снижения сопротивления из-за меньшей длины протекания, повышается производительность благодаря одновременной сварке нескольких пересечений.

Одно- и двухточечные машины для контактной сварки. Такие машины подразделяют на стационарные и подвесные. Последние выпускают с выносным и встроенным трансформатором.

Одноточечные стационарные машины типа МТП-75 с гидравлическим приводом сжатия электродов и подвесные типа МТПП-75 с пневматическим приводом имеют невысокую производительность и малый вылет хобота электрододержателя. Такие машины используют на небольших объемах работ и при эпизодическом их проведении.

На одноточечных подвесных машинах номинальной мощностью до 75 кВт можно сваривать стержни с максимальным диаметром меньшего стержня до 16 мм, стационарные — до 22 мм. Для одновременной сварки нескольких пересечений и стержней больших диаметров используют более мощные машины МТП-100, МТП-150, а также многоточечные.

Одноточечная стационарная машина состоит из корпуса, пневматического привода, системы подвода тока и системы охлаждения. В корпусе машины размещены трансформатор, переключатель ступеней, контактор и панель зажимов. Вертикальное перемещение верхнего электрода и сжатие свариваемых стержней обеспечивается сжатым воздухом в пневматическом цилиндре. Для охлаждения используется вода.

Двухточечные машины имеют более высокую производительность.

Двухточечная машина МТМ-33 работает в полуавтоматическом режиме. В машину устанавливают два продольных стержня. В верхней части стола расположен пневмоцилиндр с кареткой и крюками для захвата каркаса за приваренный поперечный прут и перемещения его в продольном направлении. После приварки поперечного стержня свариваемый каркас автоматически перемещается на шаг поперечных стержней.

Подвесные машины с выносным трансформатором можно перемещать по подвеске. Машина и сварочные клещи могут поворачиваться вокруг своей оси на 360°, причем клещи могут подниматься и опускаться. Сварочные клещи прикрепляют к машине с помощью гибких кабелей. Машина состоит из однофазного сварочного трансформатора с переключателем ступеней напряжения, пневматического устройства, системы охлаждения, подвески, регулятора времени и ионитронного контактора.

Сварочные клещи обеспечивают прямолинейное и радиальное перемещения электрода. Клещи состоят из корпуса, двух электро-

додержателей с электродами, пневматического или гидравлического привода, подвесного устройства, кнопки включения.

В ЦНИИОМТП модернизирована конструкция клещей с коаксиальным электрододержателем, что позволяет сваривать арматуру в труднодоступных местах.

Подвесная машина со встроенным трансформатором имеет шкаф управления, с которым соединены сварочные клещи и пружинный баланси́р для подвески клещей (рис. 5-6).

Для удобства работы и легкости перемещения клещей к подвесному устройству закрепляют также подводящие кабели.

Подвесные машины входят в состав установок для контактной сварки, оборудованных кондукторами для раскладки плоских каркасов и отдельных стержней, закладных и других элементов. Портальная установка состоит из портала, перемещаемого по рельсовым путям. Подвесная машина устанавливается на балке портала на тележке, снабженной приводом для перемещения.

Подвесные машины используют в различных условиях для сварки пространственных арматурных каркасов. Сборка их производится

как в горизонтальном, так и в вертикальном положении.

Установка для сборки каркасов в вертикальном положении показана на рис. 5-7. На установках такого типа можно собирать протяженные каркасы небольшой толщины с двух сторон станины и объемные каркасы. Кондукторы, на которых собираются каркасы, перемещаются вертикально с помощью электродвигателя по мере сварки. Сварка ведется с помощью клещей подвесных сварочных машин.

Многоточечные сварочные машины. Такие машины дают возможность сваривать одновременно арматуру во многих точках пересечения. Сетки сваривают при непрерывной подаче с бухт проволоки и укладе под электроды поперечных заранее изготовленных прутков арматуры. После приварки очередного прутка тянущая каретка перемещает сетку на один шаг. Шаг продольной арматуры регулируется с помощью направляющих роликов.

Сетку на нужную длину разрезают ножницами гильотинного типа по команде счетчика, отсчитывающего заданное количество шагов сетки. Ток к электродам подводится односторонний, снизу.

Захват сетки, перемещение каретки на один шаг, подъем и опускание электродов и сжатие стержней производится с помощью пневматических цилиндров. Подача арматуры, а также управление

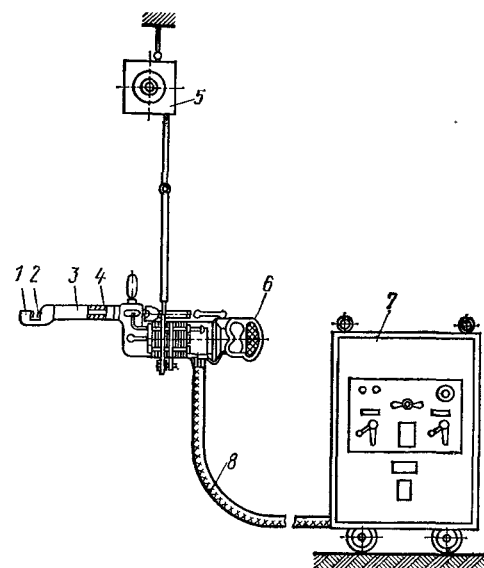


Рис. 5-6. Подвесная машина МТ-601:

1 — головка электрододержателя; 2 — электрод; 3 — электрододержатель неподвижный; 4 — электрододержатель подвижный; 5 — подвеска; 6 — кнопка включения; 7 — шкаф управления; 8 — токопроводящий кабель

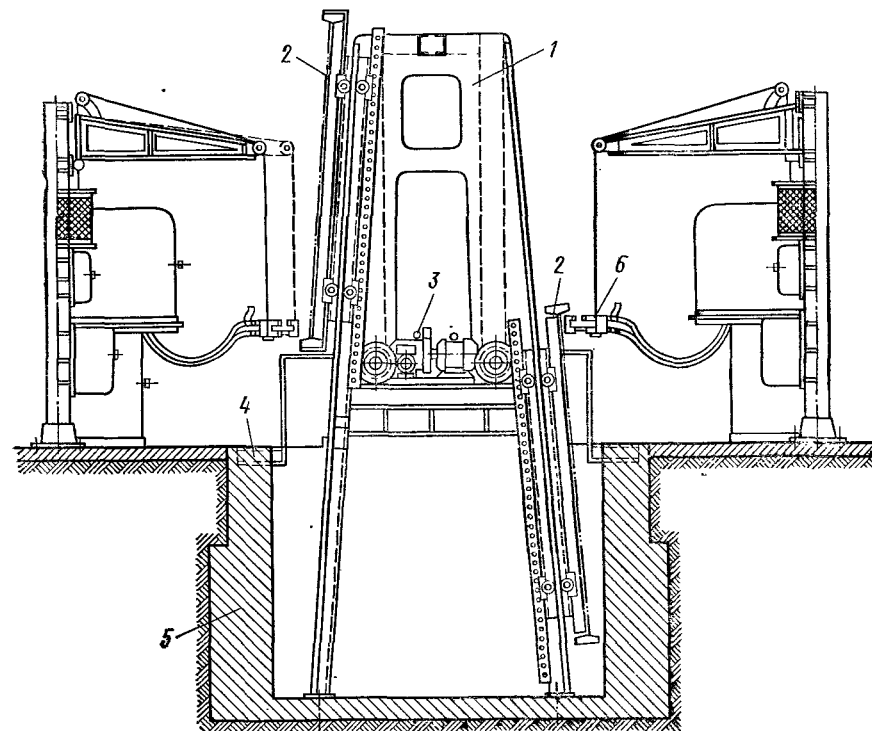


Рис. 5-7. Манипулятор для сборки и сварки арматурных пространственных каркасов:

1 — станина; 2 — кондуктор; 3 — электродвигатель; 4 — рабочая площадка; 5 — приямок; 6 — подвесные сварочные машины

процессом сварки и резки сеток происходит автоматически. В полуавтоматических машинах поперечные прутки закладывают вручную.

Для сварки каркасов применяют машины МТ-603 и МТМ-09, МТМК-3×100.

Для сварки широких сеток из горячекатаной стали и проволоки больше других применяют машины АТМС-17×75—7 и АТМС-14×75—9 (рис. 5-8). Режим сварки сеток на этих машинах приведен в табл. 5-2.

Многоточечные сварочные машины устанавливают в комплектах автоматических сварочных линий. В комплект входят бухтодержатели

тели, устройство для правки продольных проволок, стыковочное устройство, гильотинные ножницы и пакетировщик сеток.

Все указанные машины предназначены для сварки легких арматурных сеток из арматуры небольшого диаметра, кроме машины МТМ-32, и отличаются высокой производительностью.

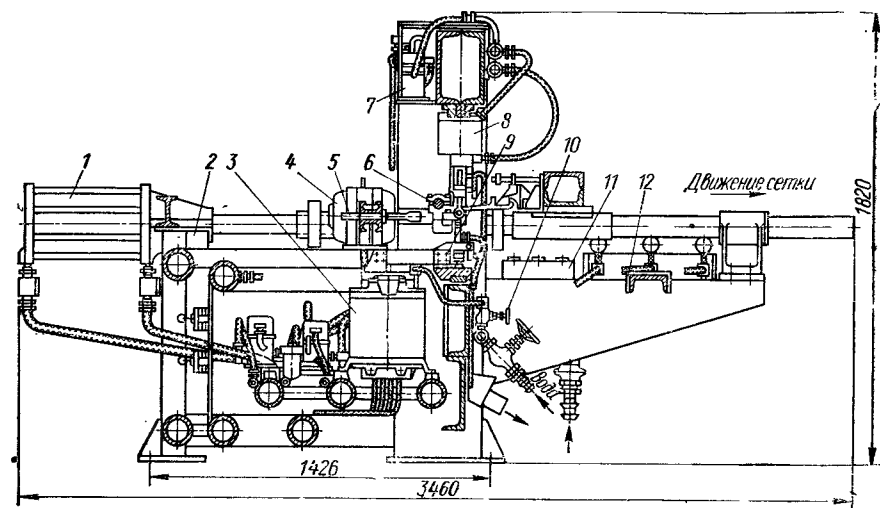


Рис. 5-8. Многоточечная сварочная машина АТМС-14×75:

1 — пневмоцилиндр привода каретки; 2 — станина; 3 — сварочный трансформатор; 4 — подающее устройство; 5 — направляющее устройство; 6 — приемное устройство; 7 — пневматическое устройство; 8 — привод давления и контактные части; 9 — гибкая шина; 10 — система охлаждения; 11 — электрическое устройство; 12 — поддерживающее устройство

Таблица 5-2

Режимы сварки на машинах АТМС-14×75—9

Диаметр свариваемой проволоки, мм	Усилие сжатия электродов, кН	Время сварки, с	Сварочный ток, А	Суммарная осадка проволоки, мм	Усилие сжатия электродов в зависимости от давления воздуха в сети	
					при давлении воздуха, МПа	усилие сжатия электродов, кН
Жесткий режим						
3+3	160	0,06	4 300	2	1,5	150
5+5	220	0,1	5 680	1,7	2	200
6+6	380	0,12	9 700	2,5	2,5	250
10+10	500	0,32	12 400	3,5	3	300
Мягкий режим						
3+3	160	0,2	3 400	1,8	4	400
5+5	220	0,3	4 300	1,0	4,5	450
10+10	500	0,63	8 500	3,0	5	500

В ЦНИИОМТП разработаны методики по организации изготовления тяжелых унифицированных сеток. Для контактной сварки таких сеток завод «Электрик» в Ленинграде выпускает многоэлектродные машины МТМ-35. Ширина свариваемых сеток на ней составляет 1200 мм (сетки большей ширины сваривают на машинах МТМ-32). При небольших объемах работ для сварки тяжелых сеток можно применять порталные установки, оборудованные подвесными сварочными машинами с подвесными клещами.

Недостатком многоточечных сварочных машин является возможность применения только низкоуглеродистой гладкой проволоки класса В-I. Применять проволоку и стержни периодического профиля на отечественных машинах такого типа невозможно, что снижает диапазон их применения.

Линии заводов по изготовлению арматуры некоторых зарубежных фирм оснащены высокопроизводительным автоматизированным оборудованием: операции механизированы на всех стадиях изготовления арматуры.

Зарубежные правильно-отрезные станки имеют производительность до 120—150 м/мин, станки западногерманской фирмы «Вафис» имеют производительность 300 м/мин, шведской фирмы «Курто» — 250—326 м/мин. Современные арматурные станки снабжены программными электронными устройствами.

На автоматизированных линиях с многоэлектродными сварочными машинами М-1000, М-2000 западногерманской фирмы «Рот-электрик» можно сваривать до 4800 пересечений в 1 мин. Преимуществом многих машин является возможность быстрой переналадки в процессе работы для изготовления арматурных изделий разных видов и типоразмеров.

Электродуговая сварка. При такой сварке расплавленная арматура в местах стыков соединяется за счет тепла вольтовой дуги.

При сварке один провод источника тока присоединяется к арматуре, другой — к держателю электрода. Сваривать можно с помощью постоянного и переменного тока. Агрегаты постоянного тока состоят из генераторов и двигателей внутреннего сгорания. Для сварки переменным током применяют понижающие сварочные трансформаторы.

Для сварки используют также сварочные полуавтоматы, в которых сварочная проволока подается в зону сварки с катушки по специальному шлангу.

Качество сварочных швов во многом зависит от применяемых электродов. Они могут быть непокрытые, тонкообмазанные (0,1—0,3 мм) и с толстым покрытием (0,5—3 мм). Непокрытые электроды при сварке переменным током дают неустойчивую дугу; расплавленный металл окисляется и образует хрупкий шов. Вещества обмазки при расплавлении образуют шлак и газы, которые, защищая расплавленный металл, обеспечивают качественное сварное соединение.

Более совершенная многоэлектродная дуговая сварка под слоем флюса. При таком способе сварки концы стержней уклады-

вают в медную съемную ванну и в зазор между их концами вводят электроды. Расплавленный металл заполняет ванну, образуя прочный стык. При сварке под слоем флюса стык покрывается флюсом, который расплавляется при возникновении дуги между электродом и дном ванны. Сварка под флюсом позволяет получать высококачественные стыковые соединения при меньшей стоимости и расходе электродной стали.

ГЛАВА 6

МОНТАЖ АРМАТУРЫ

§ 1. Общие сведения

Монтаж арматуры следует вести в строгом соответствии с рабочими чертежами. Порядок и технология монтажа определяются проектом производства работ или типовой технологической картой.

С целью снижения трудоемкости на монтаже и повышения качества работ необходимо: шире использовать унифицированные арматурные заготовки (сетки); механизмы для монтажа арматуры; применять укрупненные арматурные заготовки (каркасы, сетки); применять армоопалубочные блоки, в которых на жесткие армокаркасы навешивают опалубочные щиты и короба; применять наиболее эффективные способы стыковки, в частности ванную сварку.

Комплексный технологический процесс монтажа арматуры на строительной площадке можно расчленить на следующие процессы и операции: транспортирование арматуры на объект, ее сортировка и складирование; укрупнительная сборка или сборка армоопалубочных блоков; строповка арматурных каркасов, сеток или армоопалубочных блоков; установка каркасов в проектное положение и временное закрепление; соединение арматурных заготовок между собой нахлесткой, вязкой или сваркой; установка закладных деталей.

Смонтированную арматуру перед бетонированием необходимо тщательно проверить — установить соответствие рабочим чертежам и требованиям СНиП III-15—76, в результате чего составляют акт на скрытые работы. Этот документ подписывают инженер-технолог строительной организации и представитель технического надзора заказчика.

§ 2. Транспортирование и складирование арматуры

Арматурные заготовки должны доставляться на объект комплексно в соответствии с заказными спецификациями и графиком производства работ на объекте.

Транспортные средства выбирают с учетом размеров, конфигурации и массы арматурных заготовок. Для перевозки арматуры обычно используют автомобили, а также трейлеры и железнодорожные платформы.

При погрузке, транспортировании, разгрузке и складировании арматурных заготовок следует принимать меры против их деформаций и разрушения. Арматурные стержни (прямые и гнутые) перевозят связанными в пачки, сетки и каркасы — пакетами по нескольку штук.

Пространственные армокаркасы, имеющие недостаточную жесткость, для предохранения от деформаций временно усиливают и надежно закрепляют на транспортных средствах. При перевозке элементов, длина которых на 1,5 м превышает длину кузова, применяют прицепы. Закладные детали во избежание их потерь и деформаций перевозят и хранят в специальных контейнерах.

Складывают арматуру на объекте в том порядке, который принят для монтажа. Стержни, сетки и другие элементы укладывают так, чтобы их легко можно было найти. Для обеспечения бесперебойного ведения монтажа на объекте создают запас арматурных заготовок не менее чем на трехсменную потребность.

Арматуру складывают на центральных (базисных) и приобъектных складах. Центральные склады используют для приемки, длительного хранения, укрупнительной сборки и подготовки арматурных заготовок. Центральные склады устраивают только при больших объемах работ и длительной их продолжительности. Приобъектные склады организуют у места установки арматуры, в зоне действия кранов, обслуживающих объект. Их рассчитывают на хранение пятидневного запаса арматуры.

Территория складов должна иметь хорошие подъезды, покрытие из щебня или гравия, а также необходимые уклоны и водоотводные канавы. Центральные склады оборудуют кранами, стеллажами, стендами и другими устройствами для складирования арматуры, а также электрическим освещением. Приобъектные склады оборудуют простейшими стеллажами.

Штабеля арматуры размещают так, чтобы между ними были проезды для транспорта и проходы для людей. Пакеты сеток и каркасов, пучки стержней, а также отдельные штабеля нужно снабжать специальными табличками (бирками) с указанием марки арматуры, ее количества, номера заказа и позиции по заказной спецификации. Высота штабеля не должна превышать 1,5 м.

Арматура не должна соприкасаться с грунтом. Для этого ее укладывают на деревянные, стальные или бетонные подкладки. Условия хранения арматуры на складах должны исключать ее коррозию, загрязнение, поломки и деформации.

Штабеля и крупногабаритные арматурные заготовки располагают длинной стороной вдоль автодорог или железнодорожных путей, чтобы упростить погрузочно-разгрузочные операции.

§ 3. Такелажные работы и установка арматуры

Во избежание повреждений арматурных заготовок при монтаже строповать их следует в строго определенных точках. Места строповки длинномерных и пространственных элементов должны

быть определены проектом производства работ и отмечены на каркасах несмываемой краской.

Сетки стропуют в четырех точках с помощью пространственной траверсы (рис. 6-1, а), армокаркасы — с помощью двухконцевых стропов или траверс (рис. 6-1, б).

Арматуру можно устанавливать только после проверки опалубки, подписания акта и составления на нее исполнителей схемы. Необходимо проверить установку закладных деталей, труб и других элементов, остающихся в бетоне.

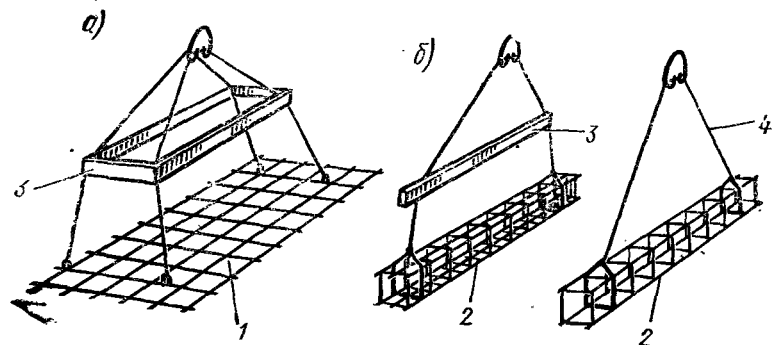


Рис. 6-1. Строповка арматурных заготовок при монтаже:
а — сварных сеток; б — армокаркасов; 1 — сетка; 2 — армокаркас; 3 — траверса; 4 — двухконцевой строп

Монтаж арматуры ведут специализированные звенья арматурщиков. Состав и количество звеньев определяются видом монтируемой арматуры и объемом работ. Последовательность установки арматуры должна быть такой, чтобы ранее установленные элементы не затрудняли последующий монтаж и была обеспечена устойчивость установленной арматуры.

При армировании и в процессе бетонирования необходимо обеспечить указанную в проекте толщину защитного слоя. Она зависит от вида конструкций (табл. 6-1).

Для устройства защитного слоя между арматурой и опалубкой устанавливают прокладки из бетона, пластмассы и других материалов. С этой целью также к пространственным и плоским армокаркасам приваривают отрезки стержней (коротыши), упирающиеся в опалубку и исключающие касание арматурной опалубки.

Если масса арматурных заготовок меньше 100 кг, к месту установки их подают краном пакетами по несколько штук, а монтаж производится вручную. Более тяжелые элементы монтируют с помощью кранов.

Арматурные сетки фундаментных плит и фундаментов укладывают на бетонные подкладки, толщина которых равна величине защитного слоя. Отдельные сетки стыкуют между собой внахлестку (рис. 6-2). Величина нахлестки должна быть не менее указанной в табл. 6-2.

Таблица 6-1

Толщина защитного слоя арматуры	
Конструкции зданий	Минимально допустимая толщина защитного слоя, мм
Плиты и стены толщиной до 100 мм из бетона:	
тяжелого	10
легкого	15
Плиты и стены толщиной более 100 мм	15
Ребра часторебристых покрытий	15
Блоки и колонны при диаметре проволочной арматуры, мм:	
до 20	20
до 20 до 35	25
более 35	30
при арматуре из проката	50
Нижняя арматура фундамента:	
при наличии подготовки	36
без подготовки	70
Фундаментные балки	36

Тяжелые армокаркасы подколонников и столбчатых фундаментов монтируют с помощью самобалансирующегося стропы, переводящего каркас из горизонтального положения в вертикальное. Для устойчивости установленные каркасы раскрепляют оттяжками или подкосами.

Крупногабаритные армокаркасы больших фундаментов перевозят по частям, монтируют краями и сваривают на месте с помощью электросварки. Армокаркасы колонн монтируют в опалубочный короб сверху. Стыки кар-

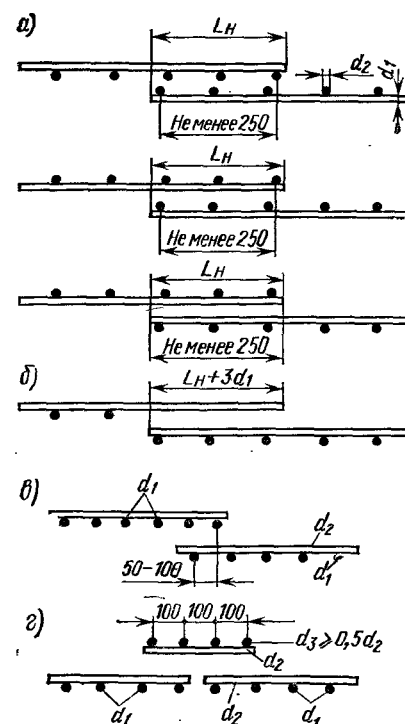


Рис. 6-2. Стыки сварных сеток, выполнение внахлестку без сварки:

а — для гладких стержней; б — для стержней периодического профиля; в — в нерабочем направлении с перепуском; г — в рабочем направлении с дополнительной сеткой; L_n — длина в нахлестку; d_1 — диаметр рабочих стержней; d_2 — диаметр распределительной арматуры; d_3 — диаметр распределительной арматуры дополнительной сетки

Длина нахлестки армосеток и армокаркасов, располагаемых в растянутой зоне при нормальном диаметре стержней

Тип рабочей арматуры	Условия работы стыка	Наименьшая длина нахлестки, мм, при бетоне марки	
		150	200 и выше
Горячекатаная периодического профиля класса А-II и гладкая класса А-I	В растянутой зоне изгибаемых элементов	35	30
	В растянутых элементах	40	35
Горячекатаная периодического профиля класса А-III и упороченная вытяжной периодического профиля класса А-IIв	В растянутой зоне изгибаемых элементов	45	40
	В растянутых элементах	50	40

каса с нижними выпусками сваривают через специальные отверстия внизу коробов. Жесткие самонесущие армокаркасы колонн монтируют до установки опалубки.

При армировании ребристых перекрытий вначале устанавливают армокаркасы балок и ригелей, а затем сетки плит. В зависимости от массы армирующих элементов устанавливают их с помощью крана или вручную.

Стены армируют до установки опалубки, если армокаркасы достаточно жестки, при двусторонней опалубке, если позволяет толщина стены, и при опалубке, установленной с одной стороны.

Если арматура поступила на объект в виде отдельных стержней, ее собирают в армокаркасы у места монтажа на специальных козелках и затем помещают в опалубку. Отдельные стержни армосеток устанавливают в проектное положение по месту.

§ 4. Электросварка арматуры на стройке

Для соединения арматурных стержней, сеток и каркасов на строительных площадках применяют следующие виды электросварки: ручную электродугую, ванную, ванно-шовную, контактную и полуавтоматическую электрошлаковую.

Дуговая шовная сварка. При этом виде сварки (рис. 6-3) арматурные стержни соединяют внахлестку, с накладками или на желобчатых подкладках. Такими способами стыкуют горизонтальные, наклонные и вертикальные стержни из сталей классов А-I, А-V при диаметрах от 8 до 80 мм. Дуговую шовную сварку выполняют с помощью трансформаторов переменного тока типов СТШ-50-80, ТД-300, ТСД-500 и аналогичных им или агрегатов постоянного тока АСД-300, АСД-3-1. Для дуговой шовной сварки применяют электроды типов Э-42, Э-46, Э-50, Э-55, Э-85.

Основные преимущества дуговой шовной сварки — простота и

универсальность; недостатки ее состоят в трудоемкости и большом расходе металла на нахлестку и накладку.

Ванная сварка. Суть этой сварки состоит в получении расплавленного металла в пространстве, ограниченном торцами стыкуемых стержней и скобой-накладкой. Концы стыкуемых стержней устанавливают с зазором, который равен 1,5—2 диаметрам электрода с покрытием (рис. 6-4). С помощью ванной сварки стыкуют горизонтальные, наклонные и вертикальные стержни.

Ванну заполняют жидким металлом из расплавленных электродов и частично из металла стыкуемых стержней. Чтобы расплавленный металл не растекался при сварке, применяют съемные медные формы или стальные необорачиваемые скобы-подкладки или накладки.

Особенность ванной сварки состоит в том, что процесс сваривания происходит непрерывно. Металл в верхней зоне ванны в это время находится в жидком состоянии, шлак же и пузырьки инертных газов поднимаются вверх, к металлу, в результате чего качество стыка улучшается.

Ванную сварку выполняют одним электродом или гребенкой из нескольких электродов, прихваченных к специальной пластине или зажатых в специальном электрододержателе (рис. 6-5).

Одноэлектродную ванную сварку применяют для соединения стыков гладких стержней стали класса А-I и периодического профиля из стали классов А-II и А-III диаметром до 32 мм. Многоэлектродную сварку в медных формах используют для стыковки стержней гладких и периодического профиля диаметром до 80 мм из сталей Ст3 и Ст5. Наибольший диаметр стержней из стали 35ГС, стыкуемых этим способом, — 40 мм (рис. 6-6).

Для ванной сварки нужны сварочные трансформаторы переменного или агрегаты постоянного тока. Для одноэлектродной ванной сварки применяют электроды типов Э42А-Ф, Э55-Ф, Э50А-Ф и Э85-Ф, для многоэлектродной — Э42А-Ф и Э55-Ф.

По сравнению с дуговой шовной при ванной сварке уменьшается расход стали на стык, расход электродов и электроэнергии, снижается трудоемкость и стоимость работ.

Ванно-шовная сварка. Этот вид сварки отличается от ванной тем, что стальную необорачиваемую скобу-накладку приваривают к

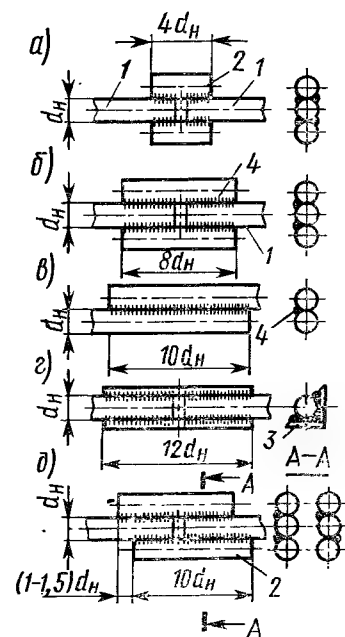


Рис. 6-3. Типы стыков, выполняемых дуговой шовной сваркой:

а, б, д — с накладками; в — внахлестку; г — на желобчатой накладке; 1 — стыкуемые стержни; 2, 3 — накладки; 4 — сварной шов

Ванно-шовная сварка целесообразна для соединения стержней диаметрами от 36 мм и более (рис. 6-7).

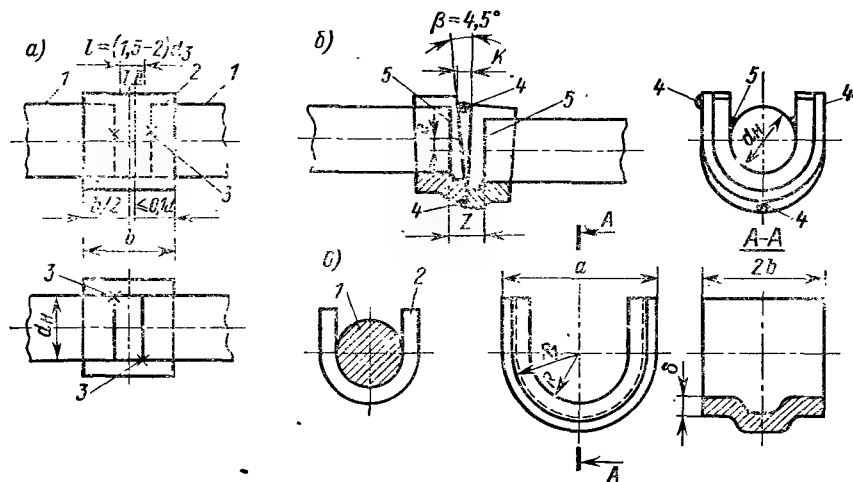


Рис. 4.6. Сборка для ванной сварки:

а — стык, собранный на гладкой накладке; б — стык, собранный на составной штамповочной подкладке; в — цельная стальная подкладка с канавками; 1 — стыкуемые стержни; 2 — стальная скоба-накладка; 3 — места привхатов; 4 — привхаты, соединяющие половины подкладки; 5 — привхаты, соединяющие подкладку со стержнями

Для производства контактной сварки внахлестку в условиях строек в ЦНИИОМТП разработана контактно-сварочная машина с выносными и встроенным сварочным трансформатором типа К-726 (рис. 6-8).

Контактную сварку применяют для стыковки арматурных стержней диаметром от 12 до 32 мм класса А-I. Преимущества этой сварки — экономия трудовых затрат и арматурной стали. Контактная сварка, к сожалению, пока не получила на стройках распространения из-за ограниченного выпуска мобильных контактно-сварочных машин.

Полуавтоматическая электрошлаковая сварка. Сущность ее заключается в механизированной подаче электродной проволоки с помощью специального полуавтомата и в постепенном заполнении

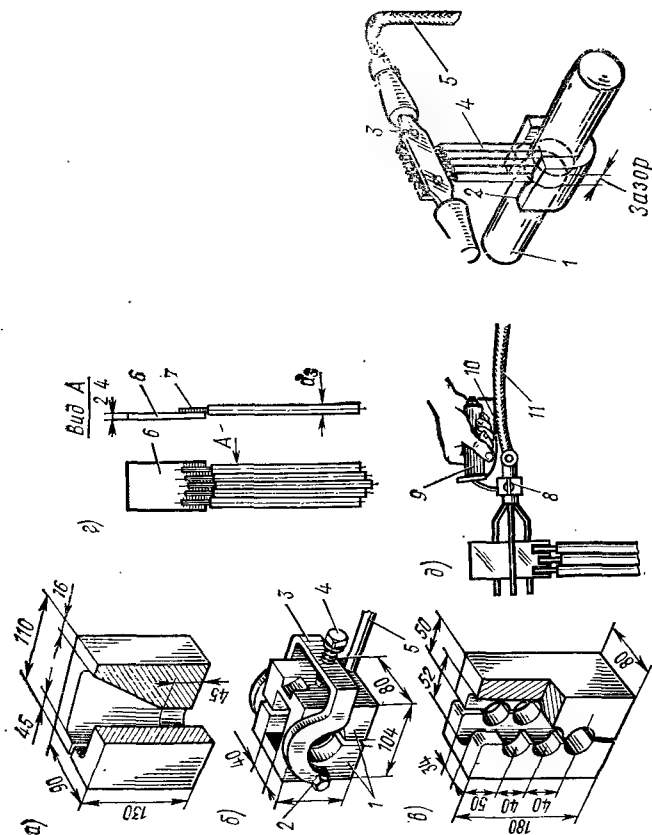


Рис. 6-5. Оборудование для многоэлектродной
ванной сварки:

а — инвентарная медная форма для сварки вертикальных стержней; **б** — то же, для горизонтального стыка горняцких стержней; **в** — то же, для многоотводного стыка горняцких стержней; **г** — гребень электродов; **д** — прием работы электродов держателем с зажимной пластиной; **е** — поворотная форма; **ж** — ось поворотной струбы; **з** — поворотная струба для соединения полноток формы; **4** — зажимная винт; **5** — рукоятки; **6** — вспомогательная пластина; **7** — электрод; **8** — корпус держателя; **10** — зажимной штык; **11** — электрокабель.

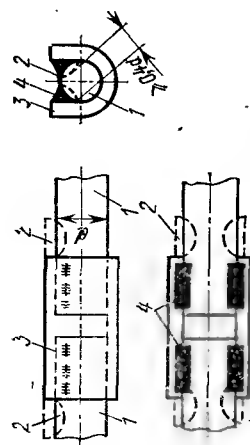


Рис. 6-7. Соединение стержней при ванно-шовной сварке:

1 — стыкуемые стержни; 2 — точечные наплавки (прихватки); 3 — стальная скоба — накладка; 4 — фланговые швы

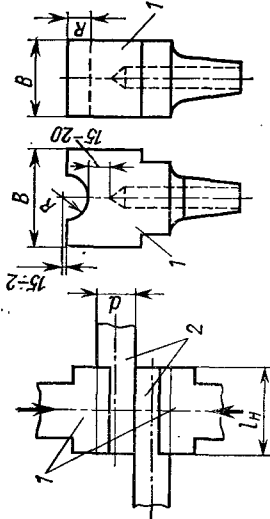
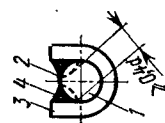


Рис. 6-8. Электроды для контактной сварки стержней внахлестку:

l — электроды; 2 — свариваемые стержни; d — диаметр стержня; l_N — длина нахлестки; R — радиус контактной поверхности; B — ширина электрода



стыка расплавленным металлом. При подготовке стыка торцы стержней обрабатывают под углом $10-15^\circ$, крепят медную форму и засыпают порошкообразный флюс (рис. 6-9). При контакте электродной проволоки со стыкуемыми стержнями образуется электрическая дуга, которая расплавляет металл и флюс (рис.

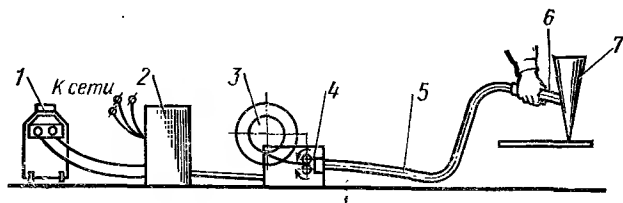


Рис. 6-9. Схемы установки для полуавтоматической электрошлаковой сварки:

1 — источник тока; 2 — шкаф управления; 3 — кассета с электродной проволокой; 4 — механизм подачи проволоки; 5 — гибкий шланговый провод; 6 — электрододержатель; 7 — емкость для флюса

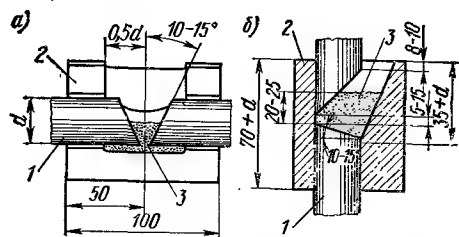


Рис. 6-10. Стыки арматурных стержней подготовленных для полуавтоматической электрошлаковой сварки:

а — горизонтальный стык; б — вертикальный; 1 — стыкуемые стержни; 2 — медная форма; 3 — флюс

снижается в 2,5—3 раза по сравнению с ванной и ванно-шовной сваркой. Однако для этого способа требуется сложное оборудование, вследствие чего ее применяют для соединения арматурных стержней только больших диаметров (16 мм и более).

§ 5. Предварительное натяжение арматуры

Способ предварительного натяжения арматуры применяют как в сборных, так и в монолитных конструкциях и сооружениях. В монолитном исполнении с предварительным натяжением арматуры бетонировать пролетные строения мостов, большепролетные балки и плиты перекрытий, контурные элементы оболочек и куполов, резервуары, высотные сооружения и др. Так, железобетонный ствол Останкинской телебашни был выполнен с предварительным натяжением вертикальной пучковой арматуры.

Из двух способов натяжения арматуры — на упоры и на бетон — в монолитном строительстве наиболее широко распространен последний.

Для пропуска арматуры, напрягаемой на бетон, в нем устраивают специальные каналы. С этой целью перед бетонированием в опалубку устанавливают каналообразователи в форме стальных труб или стержней с наружной проволоочной обмоткой и специальной смазкой или резиновые шланги с проволоочным сердечником.

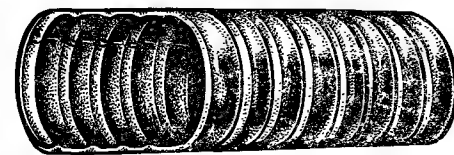


Рис. 6-11. Стальная трубка с гофрированной поверхностью для пропуска напрягаемой арматуры

Во избежание сцепления с бетоном стальные трубы или стержни через каждые 15—20 мин поворачивают вокруг оси, а через 2—4 ч после окончания бетонирования их извлекают. При использовании резиновых каналообразователей через 2—4 ч извлекают проволоочный сердечник, а затем резиновый шланг. Извлекаемые каналообразователи (трубы и шланги) применяют при длине канала до 6 м.

В крупноразмерных конструкциях (пролеты мостов, большепролетные балки) каналы устраивают путем закладки гофрированных стальных трубок (рис. 6-11), которые остаются в бетоне.

По достижении бетоном проектной прочности через каналы протягивают арматуру в виде пучков высокопрочной проволоки или стальных канатов. Натягивают арматуру гидравлическими домкратами однократного или двойного действия (рис. 6-12).

Гидродомкраты однократного действия создают усилия в 60, 80, 150 тс. Один конец арматурного пучка запрессовывают в стаканый анкер, а другой с помощью специального цангового зажима закрепляют в противоположном торце канала. Стаканный анкер посредством муфты соединяют с подвижным штоком поршня домкрата. При создании давления усилие натяжения передается от

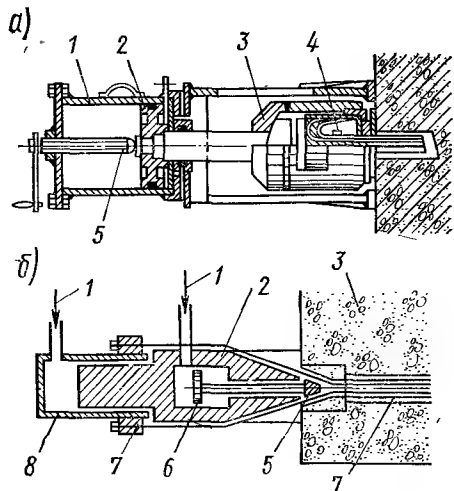


Рис. 6-12. Гидродомкраты для натяжения арматуры:

а — однократного действия: 1 — подвижный цилиндр; 2 — поршень; 3 — муфта; 4 — анкер; 5 — винт для возврата поршня; 6 — гидродомкрат двойного действия: 1 — подача жидкости; 2 — корпус неподвижного поршня; 3 — бетон; 4 — арматура; 5 — анкерная конусная пробка; 6 — малый подвижный поршень; 7 — захват; 8 — цилиндр

штока через муфту и стаканый анкер арматурному пучку. В процессе натяжения систематически подтягивают анкерную гайку, а по достижении необходимого натяжения ее заворачивают до отказа.

В процессе натяжения арматуры нужно тщательно контролировать величину усилия, передаваемого на нее.

При снятии домкрата усилие натяжения, созданное в арматуре, через анкерные устройства на обоих концах арматурного пучка передается на бетон и обжимает его.

При натяжении арматуры с помощью гидродомкратов двойного действия на арматурный пучок надевают стальную шайбу с коническим отверстием, в которую упирают лопасти домкрата. Концы проволок закрепляют в кольцевом захвате, который посажен на подвижный цилиндр домкрата. При подаче в этот цилиндр масла пучок натягивается, причем степень натяжения арматуры контролируют по манометру.

Натягивают арматуру плавно, ступенями по 3—5 МПа. После того как в пучке создано напряжение на 5% больше проектного, его снижают до требуемого и приступают к закреплению арматурного пучка. Для этого подают масло в неподвижный цилиндр и при помощи штока поршня запрессовывают коническую пробку в отверстие шайбы. В результате проволоочный пучок

заанкеривается в шайбе, а усилие натяжения, созданное после снятия домкрата через шайбу, передается на бетон.

При длине напрягаемой арматуры более 10 м ее натягивают с двух концов одновременно двумя домкратами.

Для обеспечения монолитности конструкции и защиты напряженной арматуры от коррозии в каналы нагнетают цементный раствор марки не ниже 300. Чтобы обеспечить лучшее сцепление бетона со стенками канала и арматурой, раствор готовят на безусадочном или расширяющемся цементе. Качество нагнетания стали контролируют через специальные отверстия.

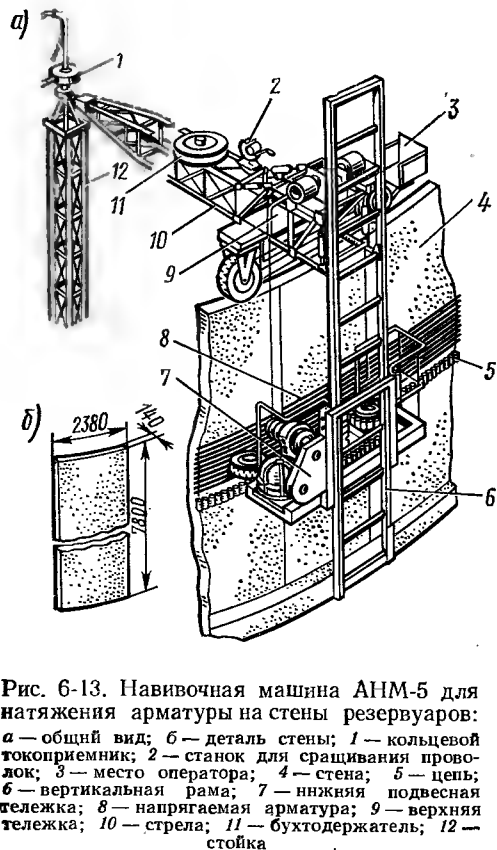


Рис. 6-13. Навивочная машина АНМ-5 для натяжения арматуры на стены резервуаров: а — общий вид; б — деталь стены; 1 — кольцевой токоприемник; 2 — станок для срачивания проволоки; 3 — место оператора; 4 — стена; 5 — цепь; 6 — вертикальная рама; 7 — нижняя подвесная тележка; 8 — напрягаемая арматура; 9 — верхняя тележка; 10 — стрела; 11 — бухтодержатель; 12 — стойка

Для предварительного напряжения арматуры резервуаров, силосов и других цилиндрических сооружений используют специальные навивочные машины (рис. 6-13). Они обтягивают высокопрочной проволокой стенки резервуаров снаружи, создавая в бетоне предварительное напряжение сжатия.

После набора бетоном резервуара проектной прочности в центре его монтируют опорную стойку, к которой крепят вращающуюся

Таблица 6-3

Допускаемые отклонения при установке арматуры

Места установки арматуры	Допускаемые отклонения, мм
В расстояниях между отдельными рабочими стержнями: для колонн, балок и арок для плит, стен и фундаментов под каркасные конструкции для массивных конструкций	±10 ±20 ±30
В расстояниях между рядами арматуры при армировании в несколько рядов по высоте: в конструкциях толщиной более 1 м и фундаментах под конструкции и технологическое оборудование в балках, арках и плитах толщиной более 100 мм в плитах толщиной до 100 мм при проектной толщине защитного слоя 10 мм	±20 ±5 ±3
В расстояниях между хомутами балок и колонн и между связями арматурных каркасов и ферм В отдельных местах в толщине защитного слоя: в массивных конструкциях (толщиной более 1 м) в фундаментах под конструкции и технологическое оборудование в колоннах, балках и арках в плитах и стенах толщиной более 100 мм в плитах и стенах толщиной до 100 мм при проектной толщине защитного слоя 10 мм	±10 ±20 ±10 ±5 ±5 ±3
В расстояниях между распределительными стержнями в одном ряду: для плит, стен и фундаментов под каркасные конструкции для массивных конструкций	±25 ±40 10
От вертикали или горизонтали в положении хомутов (за исключением случаев, когда они предусмотрены проектом) В положении осей стержней в торцах сварных каркасов, стыкуемых на месте с другими каркасами при диаметре стержней, мм:	±5 ±10
до 40 40 и более	
В расположении стыков стержней по длине элемента: в каркасах и тонкостенных конструкциях в массивных конструкциях	±25 ±50
Отклонения положений элементов арматуры массивных конструкций (каркасов, блоков, ферм) от проектного: в плане по высоте	50 ±30

Примечание. Допускаемые отклонения от проекта при установке арматуры из крупных стержней диаметром более 90 мм, а также при установке сварных каркасов из фасонной стали и сварных труб устанавливаются проектом.

ся стрелу с двумя тележками. Верхняя тележка опирается на стену резервуара и движется по ней; нижняя может перемещаться вверх и вниз по вертикальной раме. Направляющей для периметрального перемещения нижней тележки служит цепь, закрепленная на стенке резервуара. На нижней тележке установлены электропривод для движения по периметру резервуара, а также натяжное устройство.

Для натяжения бухту проволоки закрепляют в бухтодержателе навивочной машины; при этом один конец проволоки крепят к стенке резервуара, после чего начинают навивку. Через каждые 2—3 витка периодически натягивают проволоку. Правильный шаг витков создается перемещением нижней тележки по вертикальной раме снизу вверх.

Машиной АНМ-5 навивают арматуру на резервуары диаметром от 10 до 42 м и высотой до 8 м. Машина АНМ-7 предназначена для навивки проволоки на резервуары диаметром от 16 до 70 м и высотой до 12 м.

Для защиты арматуры от коррозии после ее навивки торкретируют наружные поверхности резервуаров или штукатурят высокомарочным цементным раствором.

Сварные стыки проверяют наружным осмотром и выборочным испытанием образцов, вырезанных из конструкции в количестве 1 % от числа соединений. Рекомендуются испытания физическими методами без разрушения соединений. При стабильности результатов количество вырезаемых образцов можно сократить до 0,5 %.

Отклонения от проектов отдельных арматурных элементов не должны превышать нормируемых допусков (табл. 6-3).

§ 6. Приемка смонтированной арматуры

Установленная арматура перед бетонированием должна быть принята, а эта приемка оформлена актом, в котором дается оценка качеству работ, перечисляются отступления от проекта, возможные исправления и усиления и делаются заключения о возможности бетонирования.

Кроме механических способов натяжения арматуры, которые описаны выше, применяют также электротермический и электро-термомеханический способы натяжения. Принцип обеспечения электротермического натяжения основан на том, что при нагревании арматуры электротоком она удлиняется и в таком состоянии ее концы заанкеривают в бетоне. После остывания арматура укорачивается и обжимает бетон. Электротермомеханический способ предусматривает удлинение арматуры вследствие ее нагревания с последующим механическим натяжением.

От точности и качества натяжения арматуры зависят надежность и долговечность предварительно напряженных конструкций. Неточности натяжения весьма опасны, так как брак обнаруживается только при испытании или в процессе эксплуатации конструкции. Вследствие этого очень важно при натяжении арматуры обес-

печить необходимый контроль величины ее натяжения и положения в канале.

Усилия натяжения контролируют по манометрам с помощью специальных приборов, замеряющих удлинение напрягаемых стержней или проволок.

Ответственной операцией является передача усилия от арматуры на бетон. Ее следует выполнять плавно, чтобы избежать обрывов арматуры и повреждений бетона в местах установки анкеров.

§ 7. Охрана труда

При монтаже арматуры на объекте необходимо выполнять общие правила охраны труда, обязательные при выполнении строительномонтажных работ.

Особое внимание нужно уделять мероприятиям по защите от поражения электротоком. С этой целью все сварочные трансформаторы необходимо заземлять, электропроводка должна быть исправной, рабочие должны иметь средства индивидуальной защиты (резиновые сапоги и перчатки, резиновые коврики, брезентовую спецодежду, защитные маски и т. п.).

При подаче армокаркасов кранами нужно выполнять правила охраны труда на такелажных работах.

Лестницы, рабочие проемы и площадки должны иметь надежные ограждения.

Арматурщикам запрещается: стоять на привязанных или приваренных хомутах или стержнях; находиться на опалубочных блоках до полного их закрепления; армировать отдельные прогоны и балки, стоя на верху опалубочных коробов; для этой цели должен быть устроен специальный настил.

РАЗДЕЛ ТРЕТИЙ

БЕТОННЫЕ РАБОТЫ

ГЛАВА 7

ПРИГОТОВЛЕНИЕ БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

§ 1. Свойства бетонных смесей

Для приготовления бетонов, отвечающих современным требованиям, необходимы высококачественные цемент и заполнители.

Свежеприготовленную смесь из этих материалов и воды, взятых в строго определенных пропорциях, называют бетонной смесью или товарным бетоном. Бетон и бетонная смесь — это разные состояния материала, с различными свойствами и требованиями, предъявляемыми к ним. Поэтому не следует смешивать эти два понятия.

Для получения бетона высокого качества помимо применения высококачественных материалов укладываемая бетонная смесь должна обладать определенными свойствами, соответствующими выбранной технологии.

Одним из важных свойств бетонной смеси является удобоукладываемость — способность ее заполнять форму с наименьшими затратами труда и энергии, обеспечивая при этом максимальную плотность, прочность и долговечность бетона.

Удобоукладываемость смеси зависит от ее подвижности (текучести) и *пластичности* (вязности), т. е. способности не расслаиваться при транспортировании и в процессе укладки. Показателем подвижности служит осадка конуса в сантиметрах или показатель жесткости, измеряемый в секундах*.

В зависимости от подвижности бетонные смеси подразделяют на литые с осадкой конуса (ОК) более 12 см, подвижные — с $ОК = 2 \div 12$ см, малоподвижные при $ОК = 0,5 \div 2$ см и показателем жесткости (ПЖ) менее 30 с, жесткие — с $ОК = 0$ и $ПЖ = 30 \div 200$ с и особо жесткие при ПЖ более 200 с.

Подвижность бетонной смеси зависит прежде всего от содержания в ней воды, а также от водоцементного отношения, вида цемента, крупности заполнителей, количества и гранулометрического состава песка, введения в бетон добавок и др.

Хотя увеличение содержания воды в бетоне увеличивает подвижность бетонной смеси и облегчает ее укладку, однако лишняя вода в бетоне вредна. Она увеличивает вероятность расслаивания

бетонной смеси, увеличивает пористость и усадку бетона, что снижает его качество.

Форма, размеры зерен крупного заполнителя и характер его поверхности также влияют на подвижность бетонной смеси. При окатанной гладкой поверхности зерен гравия уменьшается трение между ними, т. е. увеличивается подвижность. Более крупный заполнитель имеет меньшую суммарную поверхность. Следовательно, при одинаковом количестве цементного теста его прослойки между зернами будут иметь большую толщину, что увеличивает подвижность смеси.

С увеличением расхода песка или применения мелких песков повышается суммарная поверхность заполнителей, что снижает подвижность смеси. По этой же причине повышенный расход цемента при постоянном содержании воды снижает подвижность бетонной смеси, увеличивая прочность бетона. Вид цемента, тонкость его помола также влияют на подвижность. Так, шлакопортландцемент, обладая большей водопотребностью, чем портландцемент, при одинаковом содержании воды обеспечивает меньшую подвижность смеси.

Введение в бетонную смесь добавок поверхностно-активных веществ (ПАВ) увеличивает ее подвижность. Некоторые ПАВ, адсорбируясь в виде тончайших пленок на поверхности зерен заполнителя, снижают трение между ними. В результате увеличиваются подвижность и пластичность бетонных смесей. Такие добавки называют пластифицирующими.

Другая группа ПАВ — гидрофобизирующие — при перемешивании способствуют вовлечению в бетонную смесь мельчайших пузырьков воздуха, которые равномерно распределяются по всей ее массе. Такие добавки не только увеличивают подвижность и пластичность смеси, но и повышают морозостойкость и долговечность бетона.

Бетонные смеси с большой подвижностью ($ОК = 4$ см и более) легче укладывать, т. е. они более технологичны. Трудоемкость и расход энергии на укладку жестких смесей, наоборот, больше. Хорошо уплотненные жесткие смеси позволяют получить более качественный бетон, чем, например, литые. Однако из-за большой трудоемкости укладки жесткие смеси иногда остаются недоуплотненными, что снижает качество бетона.

На практике подвижность бетонных смесей принимают в зависимости от способов подачи их в блок бетонирования, а также от размеров конфигурации и степени армирования конструкций.

В табл. 7-1 приведены показатели подвижности бетонной смеси в момент ее укладки.

Осадка конуса бетонных смесей, перемещаемых ленточными транспортерами, не должна превышать 6 см, в противном случае смесь будет стекать с ленты транспортера. Подвижность бетонных смесей, перекачиваемых по трубопроводам с помощью бетононасосов или пневмонагнетателей, должна находиться в пределах 6—12 см.

* Методика измерения осадки конуса, а также показателя определяемой жесткости с помощью технического вискозиметра изучается в курсе «Строительные материалы».

Таблица 7-1

Подвижность бетонных смесей, укладываемых в различные конструкции

Виды работ и конструкции	Осадка конуса, см	Показатель жесткости, с
Подготовки под фундаменты и полы, основания дорог и аэродромов	0—1	50—60
Покрытия дорог и аэродромов, полы, массивные неармированные или малоармированные конструкции (подпорные стенки, фундаменты, блоки массивов)	1—3	25—35
Массивные армированные конструкции, плиты, балки, колонны большого и среднего сечения	3—6	15—25
Железобетонные конструкции, сильно насыщенные арматурой, тонкие стенки и колонны, бункера, силосы, балки и плиты малого сечения:		
горизонтальные элементы	6—8	10—15
вертикальные элементы	8—10	5—10
Конструкции, бетонируемые в скользящей опалубке:		
при уплотнении вибратором	6—8	10—15
при ручном уплотнении	8—10	5—10

Под *водоудерживающей способностью* бетонной смеси понимают максимальный расход воды, при котором смесь сохраняет свою связность, т. е. не расслаивается. Это свойство зависит от водоудерживающей способности вяжущего, тонкомолотых добавок, а также количества и гранулометрического состава песка, размеров зерен и формы поверхности крупного заполнителя. В бетонных смесях, содержащих большой излишек воды, после их укладки вплоть до полного схватывания наблюдаются процессы расслаивания и водоотделения.

§ 2. Приготовление бетонных смесей

Технологический процесс приготовления бетонных смесей показан на схеме рис. 7-1.

В современных условиях бетонные смеси готовят на районных или центральных заводах товарного бетона. Как исключение, их получают на смесительных установках, располагаемых вблизи от места укладки бетона.

Районные заводы производительностью 100 000—200 000 м³ товарного бетона в год обеспечивают им несколько строительных площадок, расположенных в радиусе 25—30 км.

Районные бетоносмесительные заводы могут состоять из одной, двух или трех типовых секций. Каждая секция представляет собой самостоятельную технологическую линию (рис. 7-2). Важными преимуществами таких заводов являются низкая себестоимость и трудоемкость 1 м³ товарного бетона. Недостаток их — большие издержки на транспортирование бетонных смесей и снижение их качества в результате длительного нахождения в пути

Центральный бетоносмесительный или бетонорастворный завод (БРЗ) обеспечивает товарным бетоном и раствором одну крупную строительную площадку. Производительность БРЗ достигает 30—50 тыс. м³ в год, а срок службы на одном месте составляет 5—7 лет. Конструкции таких заводов разборно-переставные (рис. 7-3) для облегчения перебазирования их с объекта на объект.

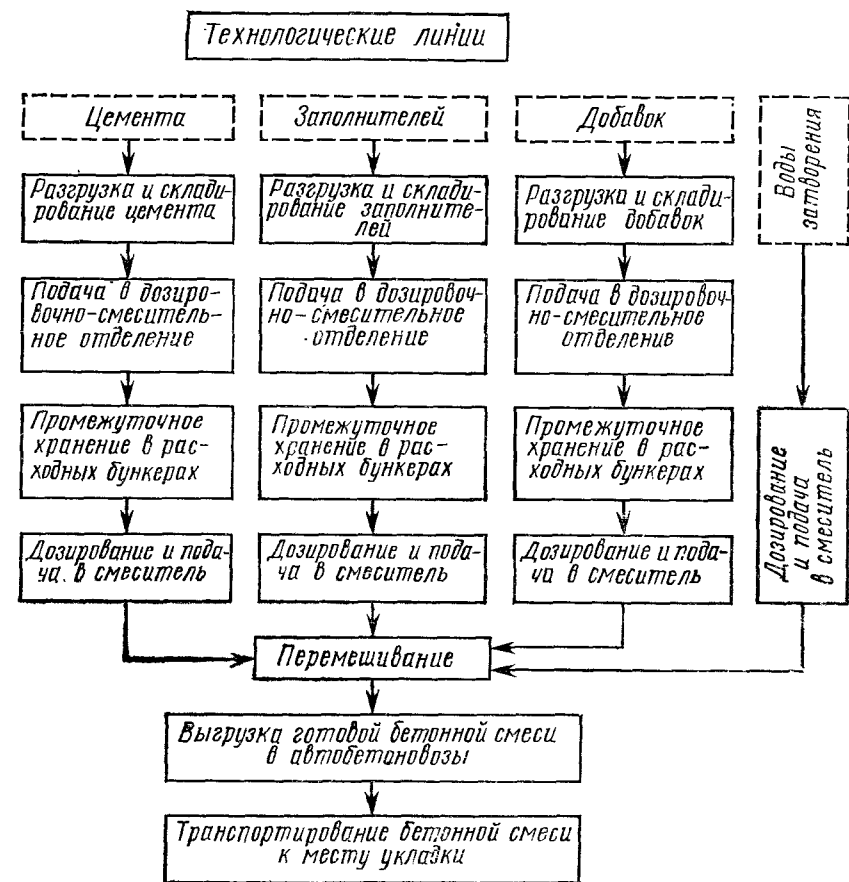


Рис. 7-1. Схема технологического процесса приготовления бетонных смесей

Себестоимость приготовления 1 м³ бетонной смеси на БРЗ не превышает 0,5—0,6 руб., а трудоемкость — 0,1—0,3 чел.-ч. Хотя эти показатели несколько хуже, чем на районных заводах, зато снижаются затраты на перевозку товарного бетона и практически не ухудшается качество бетонной смеси в пути.

Для обеспечения бетонной смесью мелких рассредоточенных объектов используют передвижные или инвентарные бетоносмесительные установки. Передвижные бетоносмесительные установки

монтируют на трейлерах, прицепах или железнодорожных платформах и устанавливают непосредственно у места бетонирования. Свежеприготовленную бетонную смесь подают непосредственно в опалубку транспортерами, бетононасосами или с помощью кранов. Производительность передвижных бетоносмесительных установок от 5 до 15 м³/ч.

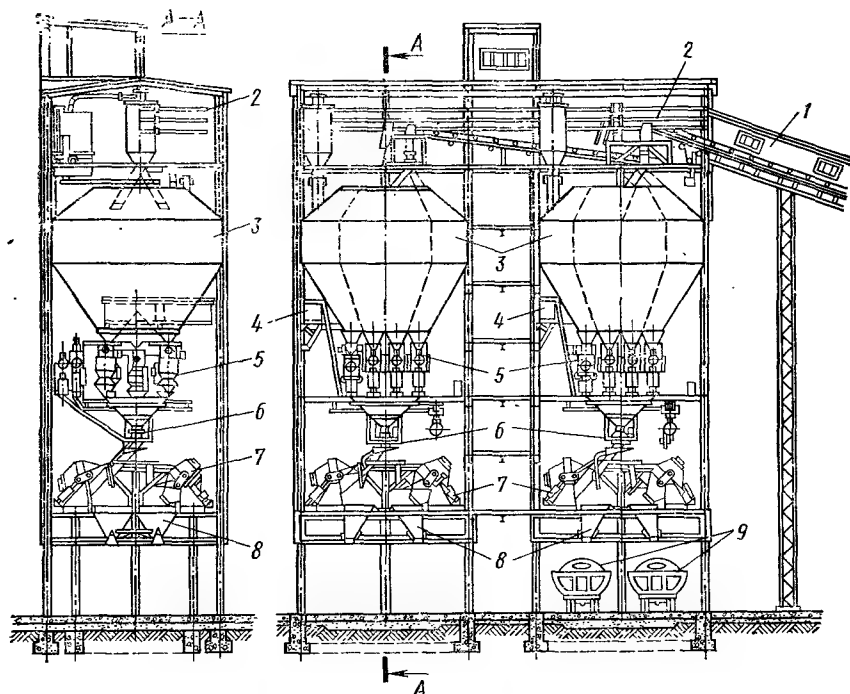


Рис. 7-2. Двухсекционный районный бетоносмесительный завод:

1 — наклонный транспортер; 2 — трубопровод для подачи цемента; 3 — бункер; 4 — баки для воды; 5 — дозаторы; 6 — воронка; 7 — бетоносмесители; 8 — раздаточные бункера; 9 — автобетоновозы

Инвентарную бетоносмесительную установку (рис. 7-4) собирают из отдельных секций и блоков, а после окончания работ на участке демонтируют и перевозят на новое место.

Бетоносмесительные заводы и установки могут быть циклического (периодического) и непрерывного действия. Цикл состоит из трех операций: загрузки исходных материалов в бетоносмесители, перемешивания и выгрузки готовой смеси. Такая схема позволяет оперативно менять дозировку и выдавать в течение смены бетонную смесь с разными параметрами: подвижностью, маркой и т. п.

На заводах и установках непрерывного действия процессы дозирования, загрузки, перемешивания и выдачи готовой смеси протекают без перерыва. Такие установки целесообразно размещать там, где необходимо получать большое количество бетонной смеси

с одинаковыми технологическими параметрами (например, в гидротехническом строительстве).

Бетоносмесительные заводы и установки имеют высотную и ступенчатую (партерную) схемы компоновки.

Высотная схема (рис. 7-5, а) отличается тем, что материалы (цемент, заполнители) поднимают в расходные бункера, откуда они перемещаются вниз гравитационно, под силой собственной массы.

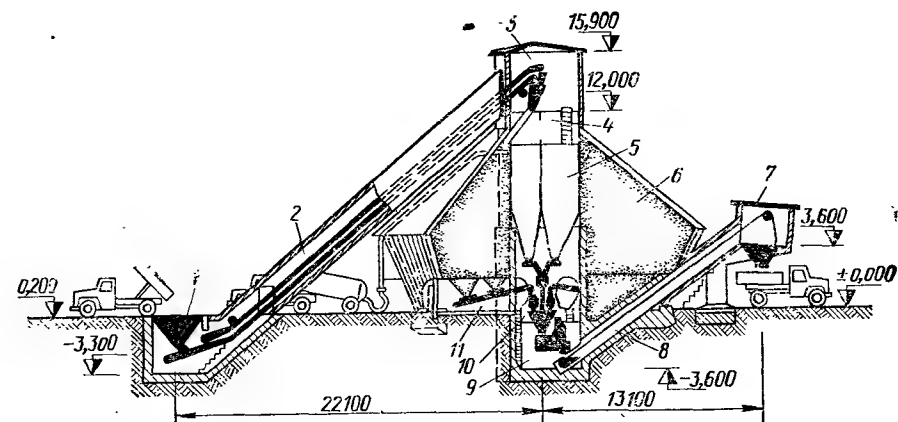


Рис. 7-3. Схема бетонорастворного завода:

1 — приемный бункер; 2 — галерея подачи заполнителей; 3 — отделение загрузки; 4 — помещение фильтров; 5 — склад цемента; 6 — склад заполнителей; 7 — отделение выдачи готовой смеси; 8 — скиповый подъемник; 9 — смесительное отделение; 10 — дозировочное отделение; 11 — галерея

Заполнители подают со складов ленточными конвейерами 1 и 2 через поворотную воронку 6 в расходные бункера 7. Одновременно в расходный бункер подают цемент с помощью элеватора 8 или пневматическим способом. Отмеренные в дозаторах 5 и 9 материалы через сборную воронку 10 поступают в смеситель 11. Готовая смесь через раздаточный бункер 4 поступает в автобетоновоз 3. Такая компоновка проста и надежна, однако увеличивается высота и усложняется строительная часть завода (установки).

При ступенчатой (партерной) компоновке (рис. 7-5, б) материалы поднимают в два приема: сначала в расходные бункера, а после дозирования в смесители.

Заполнители с помощью конвейеров 1 и 2 подают через воронку 6 в раздаточные бункера 7, а цемент закачивают в бункер с помощью элеватора 8 или пневмосистемы. Далее сыпучие материалы попадают через дозаторы 9 и сборную воронку 10 на ленточный транспортер 12 или в ковш скипового подъемника, с помощью которых их подают в смеситель 11. Готовую смесь через раздаточный бункер 4 разгружают в автобетоновоз 3.

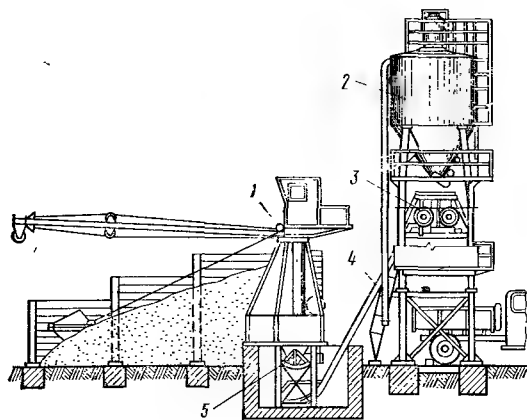


Рис. 7-4. Схема инвентарной бетоносмесительной установки:

1 — стреловой скрепер; 2 — бункер для цемента; 3 — смеситель; 4 — скиповый подъемник; 5 — дозатор заполнителей

Компоненты в гравитационных смесителях (рис. 7-6) перемещаются с использованием принципа свободного падения частиц. Емкость смесительных барабанов у таких смесителей может быть 100, 250, 500, 750, 1200, 2400 и 4500 л. Вместимость барабана определяют по объему сухих материалов (без воды), загружаемых в смеситель.

В гравитационных смесителях (рис. 7-7) нет трущихся и быстроизнашивающихся деталей, но габариты их больше по сравнению с аналогичными смесителями принудительного действия. В них целесообразно готовить пластичные бетонные смеси. При снижении же осадки конуса бетонной смеси время перемешивания резко возрастает, производительность смесителей падает. Вследствие этого гравитационные смесители для приготовления жестких смесей применять нецелесообразно.

В бетоносмесителях принудительного действия

Ступенчатая компоновка обеспечивает меньшую высоту, но площадь завода (установки) увеличивается. По такой схеме выполняют обычно передвижные и инвентарные установки построеного типа.

Основным механизмом бетоносмесительных установок и заводов являются смесители.

По принципу действия различают бетоносмесители гравитационного и принудительного действия.

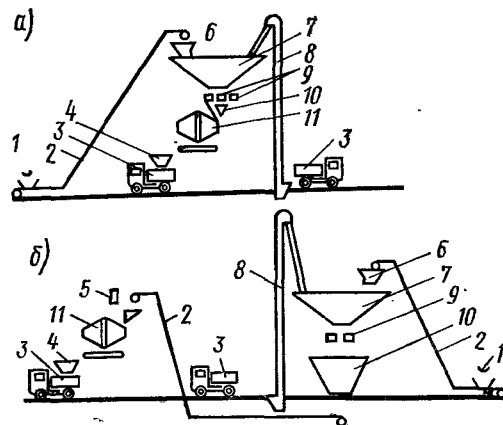


Рис. 7-5. Компоновочные схемы бетоносмесительных заводов:

а — одноступенчатая (вертикальная); б — двухступенчатая (партерная); 1, 2 — транспортеры для заполнителей; 3 — автосамосвалы; 4 — раздаточный бункер готовой смеси; 5, 9 — дозаторы; 6 — поворотная воронка; 7 — расходные бункера; 8 — элеватор; 10 — воронка; 11 — смеситель

(рис. 7-8 и 7-9) смесь перемешивается лопастями. Такие бетоносмесители имеют небольшие габариты и обеспечивают более высокую однородность смеси. В них целесообразно готовить жесткие смеси и бетоны на легких и пористых заполнителях. К недостаткам таких смесителей относятся наличие трущихся быстроизнашивающихся деталей и некоторая конструктивная сложность.

Часовую производительность бетоносмесителя, работающего по циклическому принципу, определяют по формуле

$$П_{ц-с} = \frac{V_6 K'_в n_3}{1000}, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (7-1)$$

где V_6 — вместимость бетоносмесителя, л; $K'_в$ — коэффициент выхода бетона; n_3 — количество замесов в 1 ч.

Количество замесов раствора определяют по формуле

$$n_3 = 60/t_{ц}, \quad (7-2)$$

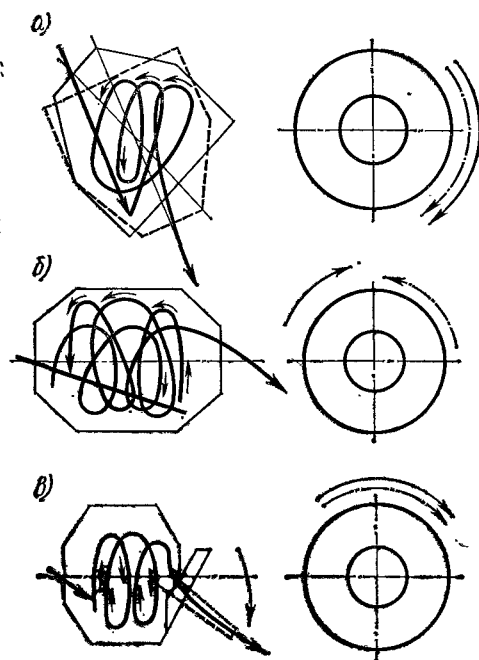


Рис. 7-6. Схема гравитационных смесителей:

а — опрокидного; б — реверсивного; в — неопрокидного с выгрузочным лотком (сплошными тонкими стрелками показано направление вращения барабана при смешивании; штрихпунктирными — при выгрузке; пунктиром — положение барабана или лотка при выгрузке; сплошными жирными линиями — перемещение смеси)

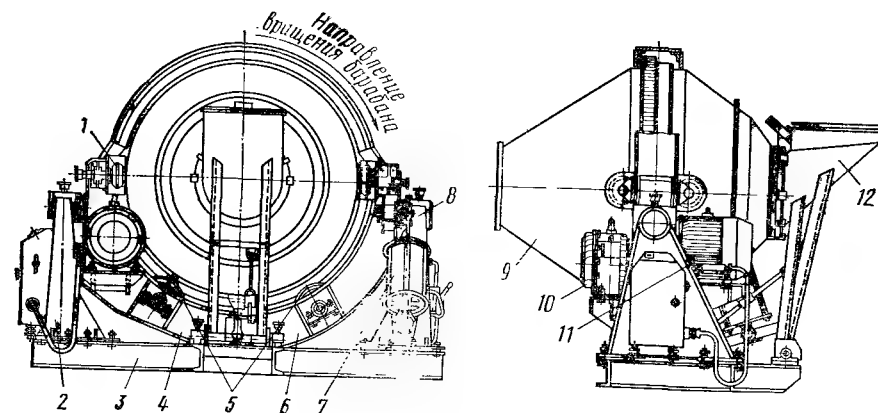


Рис. 7-7. Общий вид гравитационного бетоносмесителя СБ-10:

1 — поддерживающий ролик; 2, 8 — стойка; 3 — рама; 4, 6 — траверсы; 5 — опорные ролики; 7 — пневмоцилиндр; 9 — смесительный барабан; 10 — редуктор; 11 — электродвигатель; 12 — выгрузочное устройство

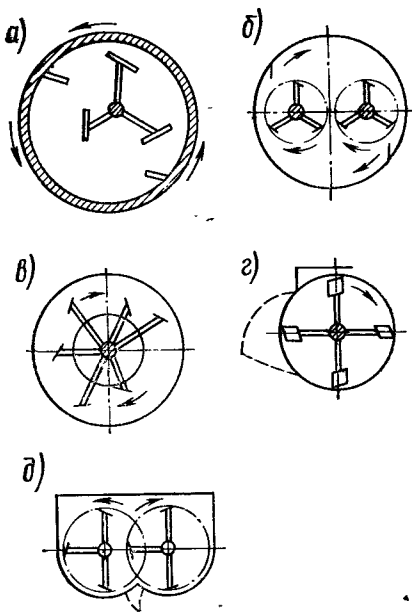


Рис. 7-8. Схемы смесителей принудительного действия:

а — противоточный смеситель с вращающейся горизонтальной чашей; б — то же, с двумя смешивающими устройствами; в — роторный с неподвижной чашей; г — смеситель с горизонтальным приводным валом; д — двухвалный смеситель

где $t_{\text{ц}}$ — продолжительность цикла приготовления бетонной смеси, мин;

$$t_{\text{ц}} = t_{\text{з}} + t_{\text{п}} + t_{\text{в}}, \quad (7-3)$$

где $t_{\text{з}}$ — время загрузки смесителя, $t_{\text{п}}$ — заданная длительность перемешивания; $t_{\text{в}}$ — время выгрузки.

Коэффициент выхода бетона учитывает уменьшение объема бетонной смеси на выходе по отношению к суммарному объему сухих материалов, загружаемых в смеситель. Для тяжелых бетонов он равен 0,67, для бетонов на легких заполнителях — 0,75, для ячеистых бетонов — 0,80.

Для получения бетонных смесей хорошего качества в процессе их приготовления нужно вести пооперационный лабораторный контроль. Лаборатория контролирует влажность и зерновой состав заполнителей, качество цемента, точность дозирования, продолжительность перемешивания, подвижность или жесткость бетонной смеси и другие параметры.

Для контроля прочности бетона изготавливают образцы-кубы, выдерживаемые до испытаний в условиях нормального твердения ($t=20^{\circ}\text{C}$, $B_0=90\%$). Количество образцов и сроки их испытаний устанавливает строительная лаборатория в соответствии с указаниями СНиП III-15—76.

Современные бетоносмесительные заводы и установки отличаются высоким уровнем механизации и автоматизации. Все рабочие операции по разгрузке заполнителей и цемента, подаче их в расходные бункера, дозировке, перемешиванию и выдаче готовой смеси выполняет комплект взаимоувязанных механизмов.

Автоматизация бетоносмесительных заводов и установок может быть частичной и комплексной. При частичной автоматизации имеются дистанционное или автоматическое управление отдельными механизмами или их группами, а также средства автоматического контроля отдельных параметров (влажность заполнителей, точность дозировки и т. п.).

При комплексной автоматизации управление всеми механизмами, транспортными средствами и контроль за технологическими операциями ведутся с одного пульта. Управляют такими заводами-автоматами несколько операторов.

§ 3. Охрана труда

Ввиду технологической сложности современных бетоносмесительных заводов и установок от обслуживающего персонала требуются глубокие знания по охране труда. Лица, допущенные к управлению машинами и механизмами, должны пройти техминимум по изучению правил охраны труда и получить соответствующие удостоверения.

Для обеспечения условий безопасной работы движущиеся механизмы и узлы машин, лестницы, площадки должны быть ограждены и хорошо освещены. Электродвигатели и электроустановки требуются надежно заземлить.

Помещения, в которых работают с пылящими материалами (цементом), нужно оборудовать хорошей вентиляцией и устройствами, исключающими их распыление. Рабочие в запыленных помещениях должны пользоваться очками, респираторами и противопылевыми комбинезонами.

На время очистки, смазки и ремонта машины и механизмы останавливают; пускать машину можно только после предупредительного сигнала, который дается оператором.

Запрещается опорожнять вращающийся барабан с помощью лопат или других инструментов. Очищать барабан можно только после снятия приводного ремня и отключения электропредохранителей.

Прямой ковша скипового подъемника разрешается очищать только после дополнительного закрепления поднятого ковша на раме.

Во время работы транспортера запрещается очищать барабан, ленту и роляганги от грязи и налитшего бетона. Нельзя проходить под неогражденной движущейся лентой транспортера, а также проверять крепление ковшей к ленте на работающем элеваторе, снимать крышку с работающего винтового транспортера.

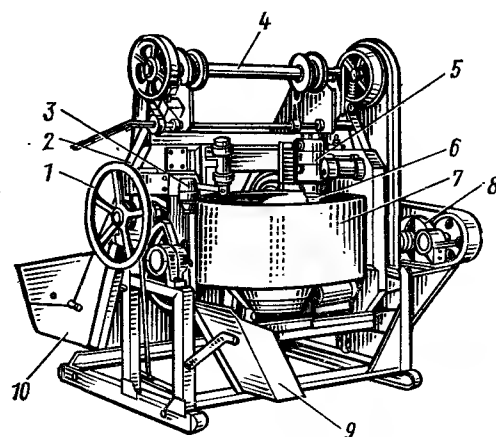


Рис. 7-9. Общий вид смесителя принудительного действия С-693:

1 — механизм выгрузки; 2 — рама; 3 — система подачи воды; 4 — верхний вал; 5 — привод лопастного вала; 6 — лопастной вал; 7 — смесительный барабан; 8 — редуктор; 9 — лоток выгрузки; 10 — ковш загрузки

Запрещается ремонтировать пневматические устройства (пневмоцилиндры, разводки и т. п.) под давлением.

Работы в силосах должны выполнять только опытные и прошедшие инструктаж рабочие, снабженные предохранительными поясами, средствами индивидуальной защиты и обязательно под наблюдением инженерно-технических работников.

ГЛАВА 8

ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ, ПОДАЧА И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ БЕТОННОЙ СМЕСИ

§ 1. Общие сведения

Способ транспортирования бетонной смеси к месту ее укладки выбирают с учетом расстояния строительной площадки от завода, вида бетонируемого сооружения, наличия транспортных средств и механизмов, свойств бетонной смеси.

В этот технологический процесс входят следующие операции: загрузка бетонной смеси в транспортные средства из бункера бетоносмесительной установки; перевозка ее на объект; перегрузка в раздаточные емкости (бадья или бункера); подача и распределение в блоке бетонирования. Блоком бетонирования называют подготовленную к укладке бетона конструкцию или ее часть с установленной опалубкой, смонтированной арматурой и закладными деталями.

Стоимость перевозки составляет в среднем до 20% от общей стоимости бетона, уложенного в дело. Неоднократные перегрузки бетонной смеси при транспортировании ухудшают ее качество и увеличивают стоимость перевозки. По этим причинам следует отдавать предпочтение способам перевозки смеси с минимальным числом перегрузок.

У бетонной смеси уже в течение первых часов после ее приготовления снижается подвижность, она схватывается; поэтому время ее транспортирования должно быть строго ограниченным. Предельно допустимую продолжительность перевозки определяют опытным путем. К моменту укладки бетонная смесь должна иметь заданную подвижность, в ней не должен начинаться процесс схватывания. Время транспортирования зависит от вида цемента и температуры бетонной смеси. Для бетонных смесей на портландцементе это время колеблется в значительных пределах:

Температура бетонной смеси, °С	20—30	10—20	5—10
Время транспортирования, мин	45	90	120

Наибольшее расстояние перевозки бетонной смеси зависит от допустимого времени нахождения ее в пути, состояния дорог и средней скорости транспортных средств. При наличии дорог с твердым покрытием расстояние достигает 30—35 км, для грунтовых дорог — 15—18 км.

Во время перевозки бетонной смеси следует принимать меры против ее расслоения, избегать потерь цементного молока и раствора, защищать ее от атмосферных осадков, воздействия ветра, солнечных лучей, а зимой — от быстрого охлаждения и замерзания. Для правильно организованной перевозки применяют специальные транспортные средства с увеличенными скоростями, сокращают время нахождения смеси под разгрузкой.

Способы транспортирования бетонной смеси подразделяют на порционные (циклические), непрерывные и комбинированные.

Порционное транспортирование смеси выполняют в две очереди. Первой очередью считают перевозку смеси от бетоносмесительного завода (установки) к месту укладки. Для этой цели используют автосамосвалы, бетоновозы, вагонетки, а также бадьи и бункера, устанавливаемые на бортовые автомашины или железнодорожные платформы.

Во вторую очередь смесь в блок бетонирования подают, т. е. перемещают ее, вертикально или горизонтально с помощью кранов, подъемников, лотков, бетоноукладчиков и т. п. Порционный способ широко применяют во всех областях строительства.

Непрерывный способ транспортирования смеси заключается в перемещении ее непосредственно от места изготовления к месту укладки на транспортерах или по трубопроводам. Этот способ применяют при малых расстояниях между бетоносмесительной установкой и бетонируемым сооружением (например, в гидротехническом строительстве).

При *комбинированном способе* сочетают порционное перемещение смеси от бетоносмесительного завода на объект с последующей непрерывной ее подачей в блок бетонирования транспортерами или по трубопроводам. Транспортные средства и устройства для перемещения смеси называют технологическим транспортом.

Четкой организации перевозок бетонной смеси можно достичь с помощью электронно-вычислительной техники и автоматизированных систем управления (АСУ). В последние годы в районах сосредоточенного строительства и на крупных стройках успешно действуют системы «АСУ—бетон», использующие оптимальные схемы перевозок и предусматривающие поставку смеси на объект по четкому часовому графику.

Для обеспечения своевременной приемки бетонной смеси на объекте с последующей укладкой ее в дело производительность механизмов по подаче и распределению смеси в блоках бетонирования (кран, бетоноукладчик) должна быть на 10—15% выше суммарной производительности транспортных средств. Этот резерв производительности укладочных механизмов необходим для исключения простоев бетоновозов со смесью под разгрузкой.

§ 2. Перевозка бетонной смеси автотранспортом

В настоящее время широко практикуются перевозки бетонной смеси автотранспортом. При этом более 90% товарного бетона, перевозимого автомобилями, приходится на автосамосвалы общего назначения (ЗИЛ-655, МАЗ-205 и др.). Вместе с тем способ перевозки бетонной смеси в автосамосвалах имеет существенные недостатки: их кузова мало приспособлены для этой цели. В результате часть смеси теряется в пути (выплескивается при движении по плохим дорогам и при спуске в котлованы, вытекает в щели заднего борта). Эти потери достигают 1—2%. При разгрузке кузова приходится очищать вручную, бетонная смесь в них расслаивается, летом она теряет воду, а зимой быстро охлаждается.

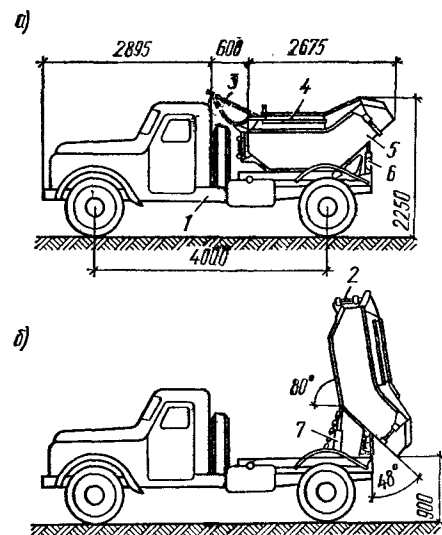


Рис. 8-1. Автосамосвал-бетоновоз:

а — транспортное положение; б — положение при выгрузке смеси; 1 — шасси; 2 — гидроцилиндр крышки кузова; 3 — крышка в открытом положении; 4 — то же, в закрытом; 5 — кузов; 6 — упор; 7 — подъемник кузова

разную (корытообразную) форму без заднего борта. Плавные сопряжения бортов с днищем исключают налипание бетона в углах. Достаточно большой угол наклона кузова (80°) и наличие виброподъемника позволяют быстро, без затрат ручного труда, выгружать смесь. Крышка же предохраняет бетонную смесь от потерь воды и от охлаждения.

У автобетоновозов зарубежных фирм (рис. 8-2) тоже имеются кузова мульдобразной формы с большой высотой разгрузки; некоторые из них приспособлены для порционной разгрузки на три стороны. Специальные автобетоновозы в силу очевидных преимуществ вытесняют автосамосвалы общего назначения при массовых перевозках бетонной смеси. Так, в ГДР до 75% всего товарного бетона перевозят в специальных автобетоновозах.

Для транспортирования бетонной смеси в городских условиях, а также на большие расстояния (до 70 км) особенно целесообраз-

ны автобетоносмесители. В барабан 1 автобетоносмесителя (рис. 8-3) на бетонном заводе погружают сухую бетонную смесь — отдозированных и перемешанных компонентов ее без воды. Воду подают в барабан из бака 2 перед прибытием на объект. С помощью специального привода барабан смесителя приводится во вращение.

Готовую смесь выгружают путем вращения смесительного барабана в обратную сторону. Наличие откидного выгрузочного лотка позволяет производить порционную разгрузку, а также подавать смесь непосредственно в конструкцию. Радиус перевозки смеси автобетоносмесителями ограничивается только экономическими соображениями. При этом полностью исключаются потери бетонной смеси в пути, а качество перевозимой в них смеси не снижается.

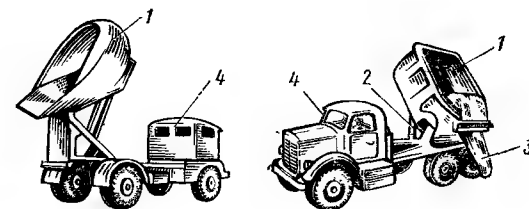


Рис. 8-2. Автобетоновозы зарубежных фирм (США и Швеции):

1 — мульдобразный кузов; 2 — подъемник; 3 — лоток; 4 — базовый автомобиль

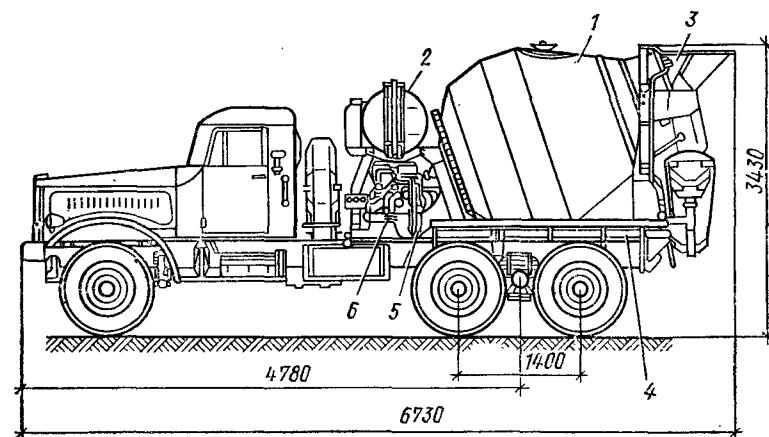


Рис. 8-3. Автобетоносмеситель:

1 — смесительный барабан; 2 — бак для воды; 3 — загрузочное — разгрузочное устройство; 4 — рама; 5 — система управления; 6 — привод смесительного барабана

Недостатком автобетоносмесителей является их большая стоимость, а также необходимость установки на бетонных заводах специальных устройств для загрузки в них сухой смеси.

В бадах, контейнерах или других емкостях, установленных на бортовые автомобили, транспортируют бетонную смесь редко из-за экономической нецелесообразности. Стоимость перевозки бетонной

смеси в специальных автобетоновозах и автобетоносмесителях ниже на 10—15%, чем автосамосвалами и бортовыми машинами.

Бетонную смесь, доставляемую на объект в бетоновозах, разгружают непосредственно в конструкцию без дополнительной перегрузки или перегружают в промежуточные емкости для последующей подачи в блок бетонирования.

Непосредственно в конструкции бетонную смесь разгружают при бетонировании автодорог, полов, подготовок, а также буронабивных свай (рис. 8-4) и др. Это наиболее простой способ, для которого не требуется каких-либо дополнительных устройств и приспособлений.

Относительно простым считают способ укладки бетонной смеси в конструкцию с помощью вибропитателя и виброжелобов (рис. 8-5). Так целесообразно бетонировать конструкции, расположенные ниже уровня земли (в котлованах).

Из автобетоновоза смесь разгружают в вибропитатель, представляющий собой сварной ящик, треугольный в плане, оборудованный вибратором. Вибропитатель устанавливают так, чтобы днище его было наклонено на 5—10° в сторону бетонируемой конструкции. Выходной проем вибропитателя оборудован секторным затвором.

К выходному проему крепят виброжелоба длиной 4 и 6 м. На пружинных подвесках желоба крепят к инвентарным стойкам. Угол наклона виброжелобов к горизонту 5—30°. С помощью виброжелобов укладывают смеси с осадкой конуса 4—12 см.

Жесткие смеси перемещаются по виброжелобам плохо: литые же смеси можно транспортировать по виброжелобам с небольшими уклонами (5—10°). При больших уклонах бетонная смесь выплескивается через борта виброжелобов. Темп укладки с помощью виброжелобов зависит от угла их наклона и осадки конуса бетонной смеси. Он колеблется от 10 до 30 м³/ч.

Массивные и большеобъемные конструкции (фундаменты доменных печей, прокатных станков и т. п.) бетонруют с помощью специальных бетоновозных эстакад и передвижных мостов (рис. 8-6). При этом бетоновозы для разгрузки заезжают непосредственно на эстакаду.

Бетонную смесь выгружают в конструкцию без каких-либо дополнительных приспособлений, если высота ее свободного падения меньше 1 м. Если эта высота превышает 3 м, во избежание расслоения бетонную смесь подают с помощью звеньевых хоботов (рис. 8-7). Их собирают из отдельных конусообразных трубчатых звеньев, которые крепят к приемному бункеру и между собой на специальных подвесках. По мере наращивания слоя укладываемого бетона нижние звенья снимают. Для равномерной подачи смеси на возможно большую площадь звеньевые хоботы можно отклонять от вертикали. При этом угол между осью звеньевых хобота и вертикалью должен быть не более 20°.

Применение бетоновозных эстакад, особенно с двусторонним въездом, обеспечивает высокий темп бетонирования (60—80 м³/ч),

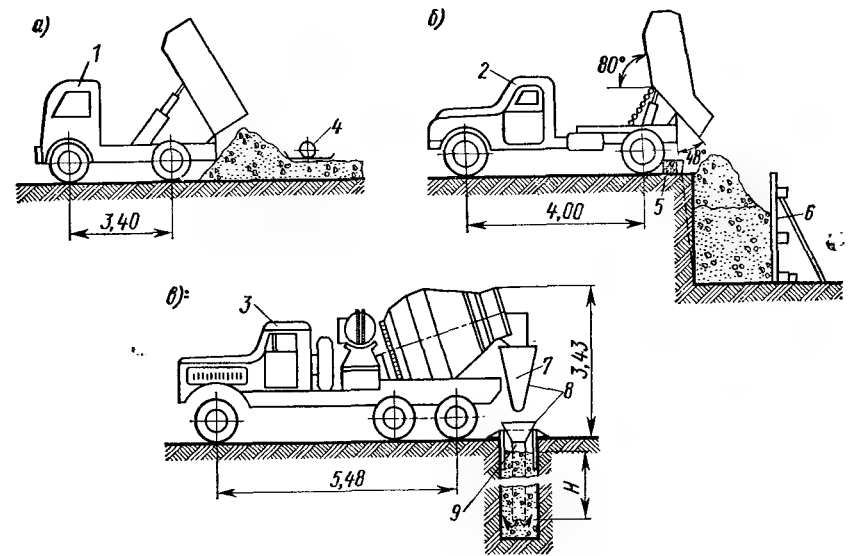


Рис. 8-4. Схемы подачи смеси непосредственно в конструкции:

а — при бетонировании полов и автодорог; б — то же, подбукток; б₁ — то же, буронабивных свай; 1 — автосамосвал; 2 — автобетоновоз; 3 — автобетоносмеситель; 4 — вибратор; 5 — отбойный брус; 6 — опалубка; 7 — лоток; 8 — воронка; 9 — труба

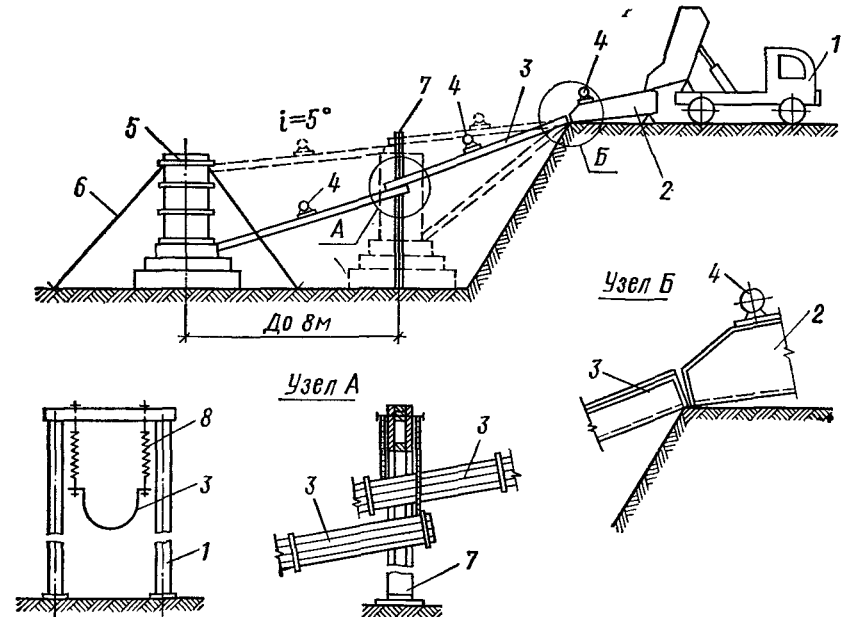


Рис. 8-5. Подача бетонной смеси по виброжелобам:

1 — автобетоновоз; 2 — вибропитатель; 3 — виброжелоб (лоток); 4 — вибратор; 5 — опалубка; 6 — оттяжка; 7 — стойка; 8 — пружинная подвеска

снижает трудоемкость работ. Однако стоимость самих эстакад довольно высокая.

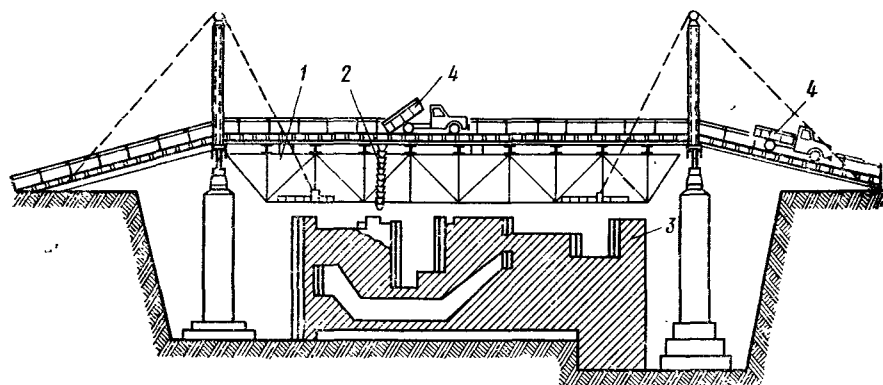


Рис. 8-6. Бетонирование массива с передвижного моста:
1 — мост; 2 — хоботы; 3 — бетоннруемый массив; 4 — автобетоновозы

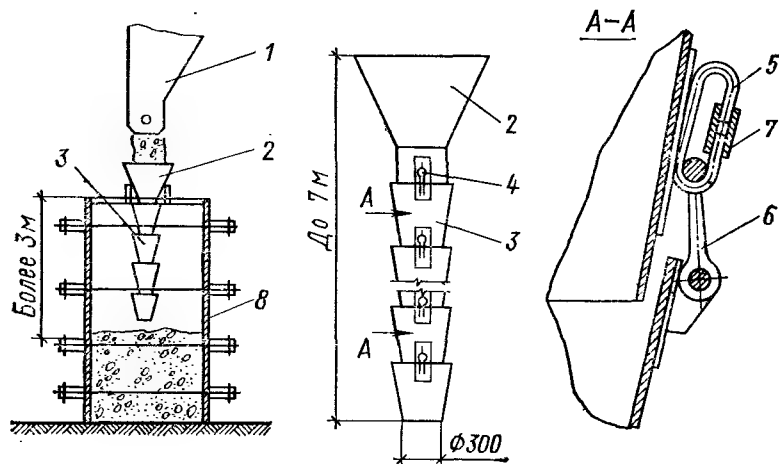


Рис. 8-7. Подача бетонной смеси по хоботам:
1 — бадья; 2 — приемная воронка; 3 — звено; 4 — подвеска; 5 — нижнее кольцо; 6 — откидное кольцо; 7 — трубка; 8 — опалубка

§ 3. Подача бетонной смеси кранами и подъемниками

Самоходные стреловые и башенные краны, а также различные подъемники используют для порционной подачи и распределения бетонной смеси в блоках бетонирования. Доставленную в автобетоновозах смесь разгружают на объекте в бадьи или контейнеры и кранами подают непосредственно в конструкцию (рис. 8-8). При этом бетонная смесь перемещается как горизонтально, так и вертикально с последующим распределением ее при укладке.

Краном подают смесь для бетонирования конструкций и многоэтажных зданий. Этот способ используют также при возведении заглубленных сооружений (туннелей, опускных колодцев) и конструкций, рассредоточенных на некоторой площади (например, фундаментах).

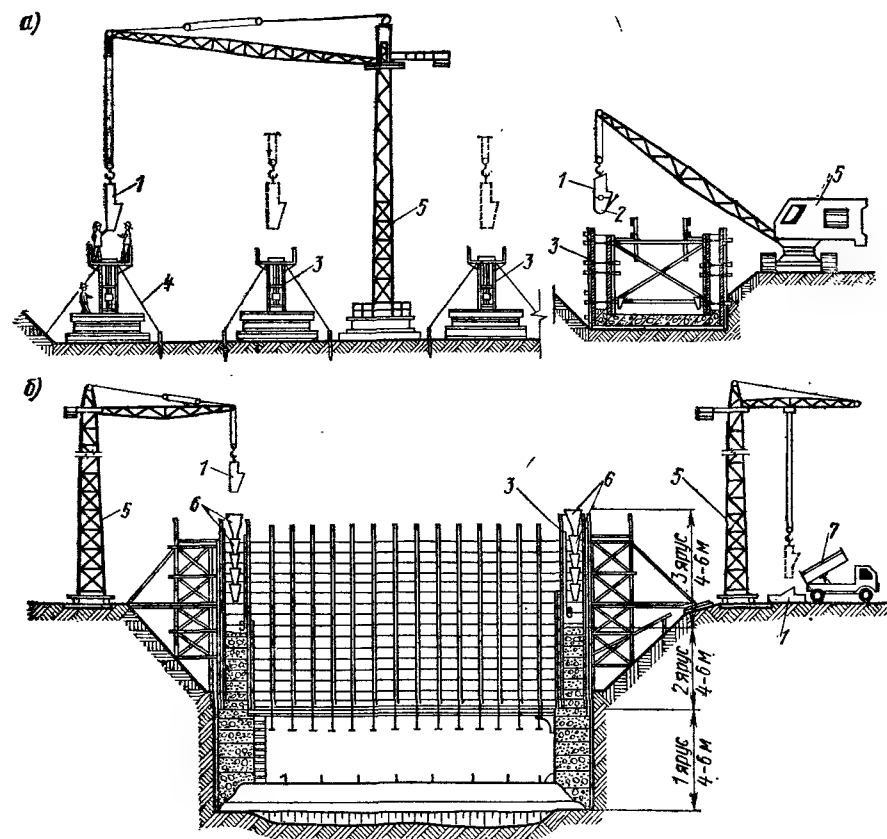


Рис. 8-8. Подача бетонной смеси с помощью кранов:
а — бетонирование фундаментов и тоннелей; б — то же, опускного колодца; 1 — бадья; 2 — затвор; 3 — опалубка; 4 — растяжки; 5 — кран; 6 — звеньевой хобот; 7 — автобетоновоз

Краны помимо подачи бетонной смеси используют также на монтаже арматуры и закладных деталей, установке опалубки, погрузочно-разгрузочных работах.

В комплексном технологическом процессе бетонирования, который включает транспорт, подачу, распределение и уплотнение бетонной смеси, краны являются ведущими машинами. Их производительность определяет темп бетонирования, т. е. производительность всей технологической цепи.

Сменную эксплуатационную производительность крана на подаче бетонной смеси определяют (м³) по формуле

$$П_э = \frac{60VtK_b}{T_{ц}}, \quad (8-1)$$

где V — объем порции бетонной смеси, загружаемой в бадью или контейнер, м³; t — продолжительность смены, ч; K_b — коэффициент использования крана по времени, учитывающий технологические и организационные перерывы в работе крана. Для кранов с электроприводом без выносных опор $K_b=0,82$; то же, с выносными опорами $K_b=0,80$; для кранов с двигателями внутреннего сгорания без выносных опор $K_b=0,78$; то же, с выносными опорами $K_b=0,76$; $T_{ц}$ — продолжительность рабочего цикла, мин;

$$T_{ц} = t_p + t_c + 2t_{п} + t_{ц}, \quad (8-2)$$

где t_p — время разгрузки бетонной смеси из автобетоновоза в бадью (оно колеблется от 0,5 до 1,5 мин при загрузке бадей из специальных автобетоновозов или автобетоносмесителей). При загрузке из автосамосвалов t_p увеличивается до 1,5—5 мин. Если разгрузку ведут 2—3 бадьями, то в выражение (8-2) подставляют соответственно $t_p/2$ или $t_p/3$; t_c — время строповки и расстроповки, мин; $t_{п}$ — время подачи краном бадьи с бетонной смесью в блок бетонирования, мин (оно зависит от высоты подачи и скорости подъема, а также от расстояния и скорости горизонтального перемещения. Условно принимают время подачи груженой и порожней бадьи одинаковым, поэтому в выражении (8-2) его удваивают); $t_{ц}$ — время укладки бетонной смеси в конструкцию, мин (при бетонировании массивных конструкций $t_{ц}=1÷3$ мин, а тонкостенных — 5—8 мин).

При сменной производительности крана определяют, с одной стороны, состав звена бетонщиков, а с другой — количество автобетоновозов, необходимых для бесперебойной доставки бетонной смеси на объект. Число автобетоновозов

$$N = \frac{K_{рез}П_э}{П_a}, \quad (8-3)$$

где $K_{рез}$ — коэффициент, учитывающий резерв производительности кранов, как ведущих машин. Он равен 0,85—0,9; $П_a$ — эксплуатационная производительность автобетоновоза в смену, определяемая (м³) по формуле

$$П_a = \frac{60V'tK'_b}{t_{ц}}, \quad (8-4)$$

где V' — объем бетонной смеси, загружаемый в бетоновоз, м³; t — продолжительность смены, ч; K'_b — коэффициент использования транспортной единицы во времени; он колеблется в пределах от

0,85 до 0,92; $t_{ц}$ — продолжительность транспортного цикла (мин), равная

$$t_{ц} = t_s + \frac{2L60}{v_{ср}} + t'_p, \quad (8-5)$$

где t_s — время загрузки бетоновоза смесью на заводе, мин; L — расстояние перевозки, км; $v_{ср}$ — средняя скорость движения бетоновоза, км/ч; t'_p — время разгрузки бетонной смеси из бетоновоза в бадью, мин. Его принимают одинаковым для выражений (8-2) и (8-5). Зависимость объема загружаемой смеси от грузоподъемности транспортных средств указана в табл. 8-1.

Таблица 8-1

Автотранспортные средства для перевозки бетонной смеси

Вид транспортного средства	Грузоподъемность, т	Объем смеси, м³
Автосамосвал ЗИЛ-585	3,5	1,6
Автосамосвал ЗИЛ-ММЗ-555	4,5	1,6
Автосамосвал МАЗ-205	6,0	2,4
Автосамосвал МАЗ-506	7,1	2,4
Автобетоновоз * на базе ЗИМ-ММЗ-555	4,5	1,6
Автобетоносмеситель С-1036	—	2,5

* Производство Мытищинского машиностроительного завода.

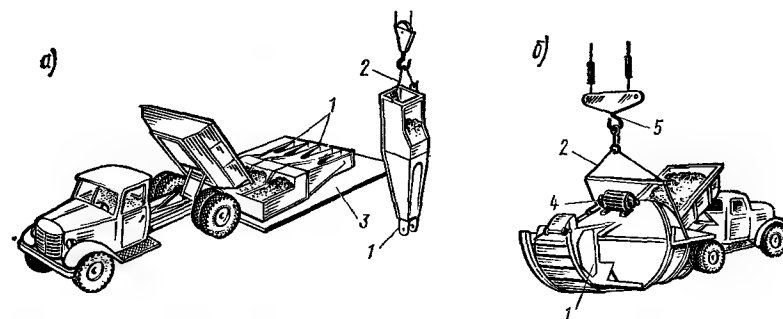


Рис. 8-9. Полноповоротные бадьи:

а — бадья («туфелька») емкостью 0,36 м³; б — бадья емкостью 1,6 м³; 1 — секторный затвор; 2 — траверсы; 3 — боек; 4 — вибратор; 5 — крюк крана

При использовании кранов для бетонирования наилучшие показатели достигаются по основным параметрам: вылету стрелы, высоте подъема и особенно грузоподъемности. Коэффициент использования крана по грузоподъемности должен быть наибольшим, но

$$K_r = \frac{m_1 + m_2}{Q_{\max}} < 1, \quad (8-6)$$

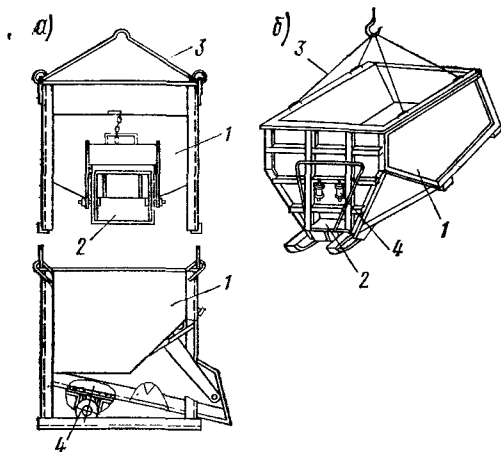


Рис. 8-10. Неповоротные бадьи и полуповоротные ковши:

а — неповоротная бадья емкостью 0,75 м³; б — полуповоротный виброковш; 1 — корпус; 2 — затвор; 3 — стропы; 4 — вибратор

где m_1 — масса бадьи, т; m_2 — то же, бетонной смеси; $Q_{\text{макс}}$ — максимальная грузоподъемность крана на заданном вылете стрелы, т.

Бетонную смесь подают кранами в различных емкостях. Наиболее широко для этих целей применяют полуповоротные бадьи (рис. 8-9) объемом от 0,36 до 3,0 м³. Бадьи емкостью в 0,36; 0,8; 1,0 и 1,2 м³ устанавливают для загрузки на деревянный боек по 2, 3 и 4 шт. в ряд. Их применяют при небольшой грузоподъемности кранов и бетонировании тонкостенных конструкций.

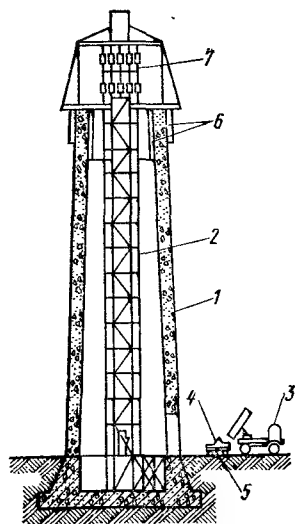


Рис. 8-11. Подача бетонной смеси шахтным подъемником:

1 — бетонная труба; 2 — шахтный подъемник; 3 — автобетоновоз; 4 — приемный бункер (ковш); 5 — передаточная тележка; 6 — подъемно-переставная опалубка; 7 — подъемная головка

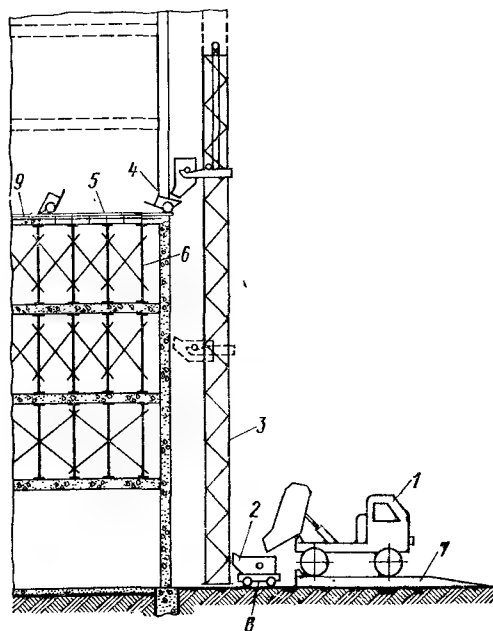


Рис. 8-12. Подача бетонной смеси стоечным подъемником:

1 — автобетоновоз; 2 — ковш; 3 — стоечный подъемник; 4 — тележка; 5 — катальные хода; 6 — стойка лесов; 7 — пандус; 8 — передаточная тележка; 9 — бетонное перекрытие

ций. Бадьи емкостью в 1,6; 2 и 3 м³ используют для подачи бетонной смеси в массивные конструкции кранами большой грузоподъемности.

Неповоротные бадьи и полуповоротные виброковши (рис. 8-10) применяют в тех случаях, когда бетонную смесь нужно подавать небольшими порциями (например, в колонны, стены небольшой толщины).

Для перемещения бетонной смеси только по вертикали используют различные подъемники. Так, при бетонировании дымовых труб смесь подают с помощью специального шахтного подъемника (рис. 8-11). При бетонировании междуэтажных перекрытий каркасных зданий в стесненных условиях используют подъемники стоечного типа (рис. 8-12), которые поднимают бетонную смесь в ковшах или контейнерах. Для горизонтального транспортирования смеси используют тачки-рикши, мотороллеры или мототележки.

§ 4. Применение транспортеров, бетоноукладчиков и мототележек

Для бетонирования массивных конструкций, а также линейно-протяженных сооружений и в стесненных условиях бетонную смесь можно доставлять ленточными транспортерами (конвейерами). Производительность их довольно высока — до 70 м³/см.

В гидростроительстве транспортеры применяют для подачи смеси непосредственно от бетоносмесительной установки непрерывного действия к месту укладки. При этом общая длина магистрального транспортера достигает 1500 м. Такие транспортеры собирают из отдельных типовых секций, устанавливаемых на инвентарные эстакады. Чтобы исключить влияние климатических условий и атмосферных осадков, магистральные транспортеры с большим сроком работы размещают в закрытых галереях или устраивают над ними навесы.

В промышленном строительстве транспортеры используют как внутрипостроечный транспорт при наибольшей длине магистральных линий порядка 200—250 м (рис. 8-13, а). При этом смесь, доставленную на объект бетоновозами, разгружают в вибробункер; из него через вибропитатель смесь попадает на магистральный транспортер, смонтированный на эстакаде. По барабанному сбрасывателю смесь подается на распределительные транспортеры, установленные под углом к магистральному. Далее по лоткам или звеньевым хоботам смесь попадает к месту укладки.

Для четкого взаимодействия магистральных и распределительных транспортеров, особенно при большой их длине, все вспомогательные механизмы оборудуют автоблокировкой. Скорость движения ленты транспортеров около 1 м/с. Подающая лента должна иметь крутолотковое очертание, что исключает потери смеси и уменьшает вероятность ее высыхания и расслоения.

Максимальный угол наклона транспортера принимают в зависимости от подвижности бетонной смеси. Для смесей с осадкой

конуса до 4 см угол подъема не должен превышать 18° , угол спуска — 12° , а при осадке конуса до 6 см — соответственно 15 и 10° . Угол подъема можно увеличить до $30\text{--}40^\circ$ при устройстве на ленте поперечных резиновых шпор.

При бетонировании с помощью транспортеров много времени уходит на вспомогательные работы: монтаж эстакад, установку и перестановку транспортеров, вибробункеров и т. д. Отсюда следует, что транспортеры целесообразно применять при большом объеме бетона, укладываемом с одной стоянки.

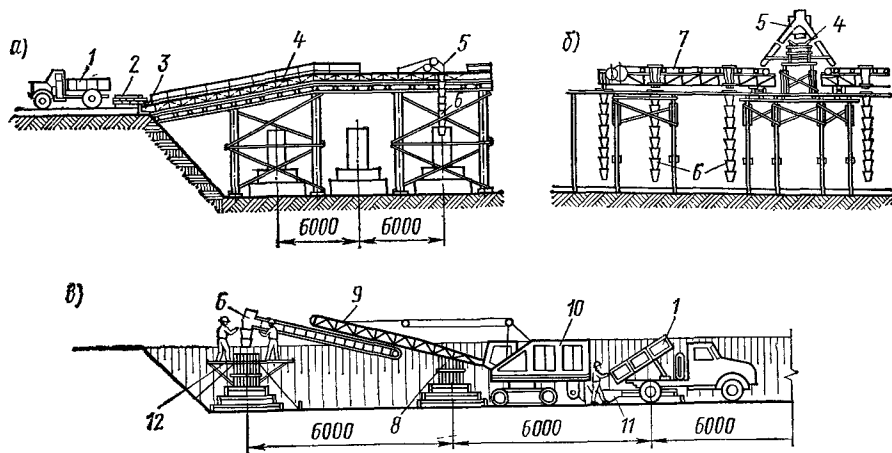


Рис. 8-13. Бетонирование с помощью транспортеров и бетоноукладчиков:
а, б — подача бетонной смеси транспортерами; в — бетоноукладчиком; 1 — автобетоновоз;
2 — вибробункер; 3 — вибропитатель; 4 — магистральный транспортер; 5 — барабанный сбрасыватель; 6 — хоботы; 7 — распределительный транспортер; 8 — опалубка; 9 — транспортер;
10 — бетоноукладчик; 11 — приемный бункер; 12 — подмости

Бетоноукладчики представляют собой самоходные машины на гусеничном ходу (рис. 8-13, в). Из бетоновоза смесь разгружают в приемный вибробункер бетоноукладчика. Вибробункер со смесью поднимается с помощью гидроцилиндров и через секторный затвор смесь подают на транспортер, состоящий из двух секций. Это позволяет вести бетонирование в радиусе $3\text{--}20$ м с поворотом стрелы с транспортером на 360° . Бетоноукладчики могут подавать смесь на высоту 8 м, а также опускать ее ниже стоянки с уклоном транспортера до 10° .

Бетоноукладчики рекомендуется применять для бетонирования рассредоточенных объектов (например, фундаментов под колонны), а также туннелей и других сооружений.

Транспортировать бетонную смесь горизонтально в пределах строительной площадки на небольшие расстояния можно мототележками, которые имеют сменные опрокидные ковши емкостью $0,3\text{ м}^3$. Мототележка с грузом около 1 т передвигается со скоростью до 38 км/ч.

Мототележки в связи с их мобильностью применяют для бетонирования полов, устройства подготовки и подбутки в стесненных условиях. Они могут передвигаться по соответственно рассчитанным настилам и подмостям и подавать смесь непосредственно в опалубку плит перекрытий, стен и т. п.

§ 5. Транспортирование бетонной смеси по трубопроводам

По трубопроводам транспортируют бетонную смесь с помощью бетононасосов и пневмонагнетателей.

Отечественная промышленность выпускает *поршневые бетононасосы* производительностью 10, 25 и $40\text{ м}^3/\text{ч}$. Они могут перекачивать смесь на 350 м по горизонтали и на 50 м по вертикали.

Бетононасосами перекачивают бетонные смеси пластичной консистенции с осадкой конуса $5\text{--}8$ см и литые — с осадкой конуса $12\text{--}15$ см. В исключительных случаях можно доставлять на небольшие расстояния более жесткие смеси (с осадкой конуса до 2 см). Перекачивание смеси облегчается при правильном соотношении мелкого и крупного заполнителя. Наибольшая крупность щебня (гравия), зависящая от внутреннего диаметра бетоновода, колеблется в пределах от 20 до 60 мм. По условиям удобного перекачивания оптимальное значение водоцементного отношения (В/Ц) бетонной смеси составляет $0,5\text{--}0,6$.

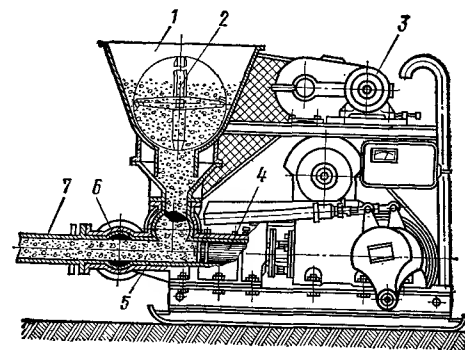


Рис. 8-14. Схема поршневого бетононасоса:

1 — приемный бункер; 2 — смеситель; 3 — электродвигатель; 4 — поршень; 5 — рабочий цилиндр; 6 — нагнетательный клапан; 7 — бетоновод

Принцип действия поршневого бетононасоса (рис. 8-14) заключается во всасывании порции смеси и выталкивании ее в бетоновод. Смесь, загруженная в приемный бункер 1, дополнительно перемещается смесителем 2 и через загрузочную воронку при открытом всасывающем клапане подается в рабочий цилиндр 5. Эта операция происходит при движении поршня 4 вправо и закрытом нагнетательном клапане 6. При движении поршня влево всасывающий клапан закрывается, а нагнетательный открывается, вследствие чего порция смеси выталкивается в бетоновод.

Выпускают также бетононасосы, поршни которых имеют гидравлические приводы (рис. 8-15). Плоские задвижки таких бетононасосов, с помощью которых смесь всасывается и нагнетается, приводятся в действие гидросистемой. При движении поршня влево задвижка 3 открыта, что обеспечивает всасывание порции смеси.

Когда же поршень перемещается вправо, задвижка закрывается частично, а в направлении подачи открывается, в результате чего смесь выдавливается в бетоновод. Бетононасосы, работающие по такому принципу, обеспечивают более равномерную подачу смеси на большие расстояния, чем машины с механическим приводом.

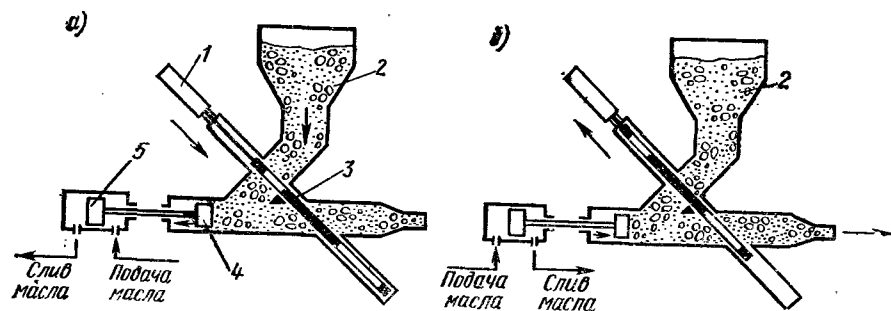


Рис. 8-15. Принципиальная схема бетононасоса с гидравлическим приводом: а — всасывание; б — нагнетание; 1 — гидроцилиндр управления; 2 — бункер; 3 — задвижка; 4 — транспортный поршень; 5 — гидравлический поршень

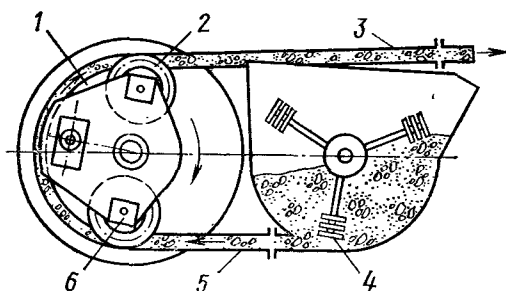


Рис. 8-16. Схема бетононасоса непрерывного действия:

1 — насосная камера; 2 — ролик; 3 — транспортный трубопровод; 4 — лопастный побудитель; 5 — всасывающий трубопровод; 6 — планетарный привод

инвентарную эстакаду с пандусом для въезда бетоновозов со смесью (рис. 8-17).

Ввиду того что переставлять бетононасос с устройством эстакады — дело весьма трудоемкое, место для него выбирают так, чтобы весь объем бетона на объекте или большую его часть можно было уложить с одной стоянки.

Бетоновод (рис. 8-17, в) собирают из отдельных инвентарных трубчатых звеньев, входящих в комплект бетононасоса. В зависимости от производительности бетононасоса внутренний диаметр бетоноводов может быть 140, 219 и 283 мм. Звенья соединяют между собой с помощью быстроразъемных замков с натяжными клинья-

За рубежом выпускают бетононасосы, в которых вращающиеся ролики обжимают высокопрочные эластичные шланги, выдавливая порции бетонной смеси в бетоноводы (рис. 8-16).

Бетононасосы перевозят на трейлерах, а в пределах строительной площадки передвигают волоком с помощью трактора. Устанавливают их в небольшой выемке. Над бетононасосами монтируют

ми и резиновыми уплотнителями. В комплект входят прямые звенья длиной от 0,3 до 3,0 м, колена и отводы с углами 90, 45, 22,5 и 11,25°.

Бетоновод монтируют на деревянных подкладках или инвентарных эстакадах начиная от бетононасоса в сторону блока бетонирования. К бетононасосу должен примыкать прямой участок бетоно-

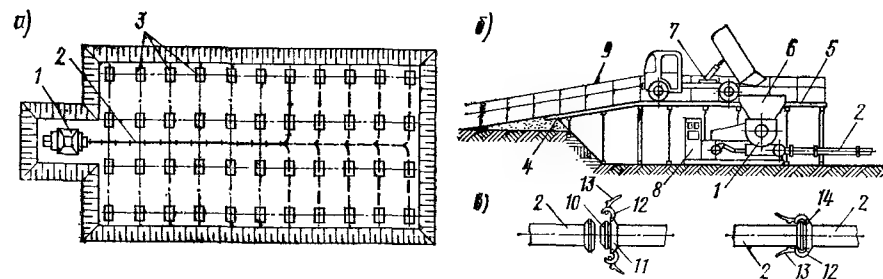


Рис. 8-17. Подача бетонной смеси бетононасосами:

а — бетонирование фундаментов с помощью бетононасосов; б — установка бетононасоса; в — соединение бетоноводов; 1 — бетононасос; 2 — бетоновод; 3 — фундаменты; 4, 5 — эстакада; 6 — приемная воронка; 7 — автобетоновоз; 8 — пульт; 9 — ограждение; 10 — фланец; 11, 14 — замок в открытом и закрытом положении; 12 — серьга; 13 — рычаг

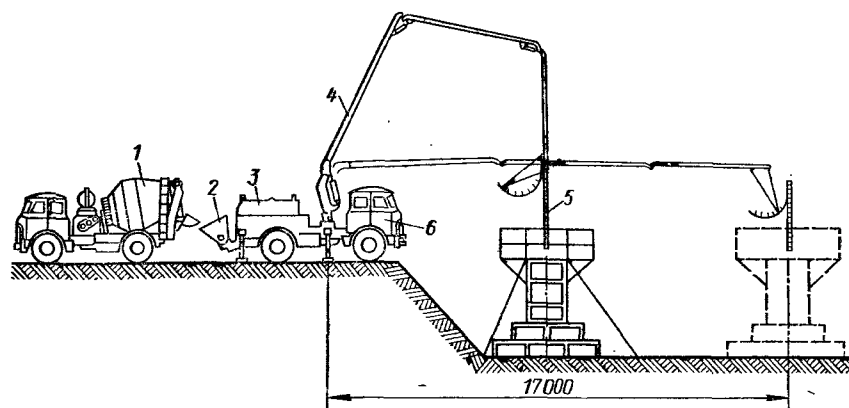


Рис. 8-18. Самоходный бетононасос:

1 — автобетоносмеситель; 2 — приемный бункер бетононасоса; 3 — бетононасос; 4 — шарнирно-сочлененная стрела; 5 — гибкий шланг-бетоновод; 6 — базовый автомобиль

вода в 7—10 м, трассу его выбирают так, чтобы уменьшить число изгибов и переломов с целью уменьшить сопротивление смеси при движении по трубам и обеспечить оптимальную работу бетононасоса. В конце прямого участка, примыкающего к бетононасосу, устанавливают игольчатый клапан для устранения обратного движения смеси при остановке бетононасоса.

У выходного торца бетоновода устанавливают гаситель и поворотный лоток. Если высота сбрасывания смеси превышает 3 м, для

предотвращения ее расслаивания дополнительно ставят звеньевые хоботы.

Зарубежные фирмы выпускают самоходные бетононасосы, смонтированные на шасси автомобилей (рис. 8-18). Для них не требуется устройства въездных эстакад.

Укладку бетонной смеси с помощью бетононасоса начинают в опалубку конструкций, наиболее удаленных от него. Забетонировав дальние конструкции, бетоновод укорачивают и переставляют для укладки бетонной смеси в близлежащие конструкции. Такую организацию работ называют бетонирование способом «на себя». Этот способ позволяет переналаживать бетоноводы почти без остановок бетононасоса или с очень короткими остановками.

Трубопроводный транспорт весьма чувствителен к остановкам и перерывам, из-за которых бетонная смесь в трубопроводах загустевает и частично схватывается. Это вызывает аварии и значительные непроизводительные затраты по разборке и очистке бетоноводов. По этой причине доставка бетонной смеси бетоновозами должна быть бесперебойной, а бетонирование каждой конструкции здания нужно вести непрерывно.

Производительность поршневого бетононасоса определяют ($\text{м}^3/\text{ч}$) по формуле

$$P_6 = 60 (\pi d^2 / 4) l v_1 K_6, \quad (8-7)$$

где d — диаметр рабочего цилиндра, м; l — длина хода поршня, м; v_1 — число двойных ходов поршня в 1 мин (скорость нагнетания); K_6 — коэффициент, характеризующийся отношением объема бетонной смеси, поданной за один ход, к рабочему объему цилиндра, равный 0,8—0,9.

Подавать бетонную смесь по трубопроводам можно также с помощью пневмонагнетателей. Производительность их 10—20 $\text{м}^3/\text{ч}$ при дальности подачи до 200 м и высоте подъема до 35 м.

Пневмонагнетатель (рис. 8-19) состоит из сварного грушеобразного корпуса 1, в верхней части которого имеется загрузочный люк-воронка 2, закрываемый затвором 3. Для подачи сжатого воздуха в пневмонагнетатель предусмотрен подводящий трубопровод 4 с верхним 5 и нижним 6 соплами. Внизу корпуса закреплена секция бетоновода 7.

В комплект пневмотранспортной установки помимо пневмонагнетателя входит набор звеньев бетоновода, гаситель, компрессор с ресивером и система трубопроводов для подачи сжатого воздуха (рис. 8-20).

Бетонную смесь с осадкой конуса 6—8 см и максимальной крупностью заполнителя 40—60 мм загружают в пневмонагнетатель через воронку. Загружать ее можно непосредственно из бетоносмесителя или из бетоновоза с помощью скипового устройства. После загрузки закрывают затвор и подают в пневмонагнетатель сжатый воздух. Для этого сначала подают сжатый воздух через нижнее сопло, создавая необходимое разрежение в нижней части пневмонагнетателя.

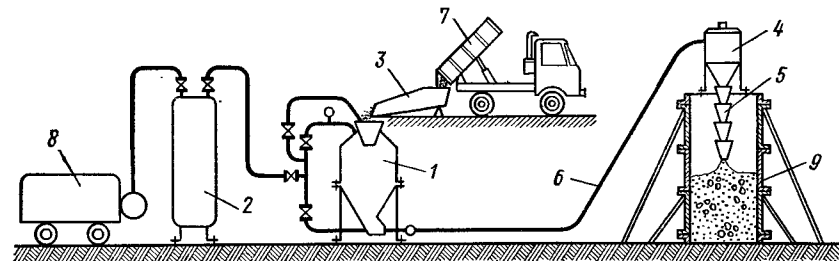


Рис. 8-20. Бетонирование с помощью пневмонагнетателя:

1 — пневмонагнетатель; 2 — ресивер; 3 — вибропитатель; 4 — гаситель; 5 — хоботы; 6 — бетоновод; 7 — автобетоновоз; 8 — компрессор; 9 — опалубка

При рабочем давлении 2,5—3,0 $\text{кгс}/\text{см}^2$ бетонная смесь транспортируется по трубопроводам в струе сжатого воздуха со скоростью 1,5—2,5 м/с. Чтобы погасить эту скорость, на конце бетоновода устанавливают гаситель. Из гасителя через резиновый шланг или звеньевой хобот смесь поступает в блок бетонирования.

Расход сжатого воздуха зависит от дальности транспортирования. При подаче на расстояние 20 м он достигает 30—35 м^3 бетонной смеси.

Техническую производительность пневмотранспортных установок определяют ($\text{м}^3/\text{ч}$) по формуле

$$P_T = q n_{\text{ц}}, \quad (8-8)$$

где q — емкость пневмонагнетателя, м^3 ; $n_{\text{ц}}$ — число циклов, причем

$$n_{\text{ц}} = \frac{3600}{t_3 + L'v'}, \quad (8-9)$$

где t_3 — время на загрузку и операции с затвором и вентилями, с; L' — дальность транспортирования, м; v' — скорость перемещения бетонной смеси по бетоноводу, м/с.

Тогда эксплуатационная производительность установки (м^3) за смену будет равна

$$P_{\text{экс}} = P_T K_{\text{вр}} t_{\text{см}}, \quad (8-10)$$

где $K_{вр}$ — коэффициент использования установки по времени; $t_{см}$ — продолжительность смены, ч.

Пневмотранспортные установки допускают небольшие перерывы в подаче бетонной смеси, так как для предохранения бетоноводов от закупорки их продувают сжатым воздухом и в последующем прогоняют по ним пыжи из мешковины.

Рациональная область применения таких установок — бетонирование малоармированных конструкций, обделок туннелей в стесненных условиях подземного строительства. Их целесообразно применять и для бетонирования тонкостенных конструкций без опалубки.

§ 6. Охрана труда

Основные правила охраны труда при транспортировании, подаче и распределении бетонной смеси должны быть предусмотрены в проекте производства работ по бетонированию конкретных конструкций и объектов.

Все системы пневмотранспортных установок перед пуском испытывают на исправность действия, давление сжатого воздуха не должно превышать максимально допустимого.

При подаче смеси по лоткам, виброжелобам и хоботам их нужно надежно прикрепить к опорным конструкциям.

Всех рабочих, обслуживающих бетонотранспортные машины, механизмы и устройства, обучают безопасным методам работ.

Бетоновозные эстакады, настилы и пандусы сооружают по расчетам и надежно крепят. Их необходимо оградить перилами и оборудовать колесоотбойными брусками и упорами для колес автобетоновозов. Нахождение на эстакадах и настилах посторонними лицам не разрешается. Скорость движения бетоновозов по эстакадам и настилам не должна превышать 3 км/ч.

Кузова автосамосвалов очищают лопатами с удлиненными черенками; недопустимы удары кувалдами снизу кузова.

При подаче бетонной смеси кранами нужно предусмотреть меры против самопроизвольного открывания затворов бадей. Во время приема бадей запрещается кому-либо находиться под ней. При выгрузке бетонной смеси из бадей расстояние от низа бадей до поверхности, на которую выгружают смесь, не должно превышать по вертикали 1 м.

Металлоконструкции транспортеров должны быть надежно заземлены. Очищать ручную ленту работающего транспортера запрещается.

При бетонировании с помощью бетононасосов бетонщики должны иметь надежную сигнализацию для связи с мотористом бетононасоса. Для очистки бетоновода его промывают водой с банником. Прочищать его сжатым воздухом разрешается лишь зимой при рабочем давлении не более 15 кгс/см² и замене банника на пыж из мешковины. При этом рабочие должны находиться не ближе 10 м от выходного отверстия бетоновода.

ГЛАВА 9

БЕТонирование различных конструкций

§ 1. Общие сведения

Бетонирование — один из наиболее ответственных, завершающих процессов возведения монолитных железобетонных конструкций и сооружений.

Вследствие того что затвердевший бетон трудно поддается исправлению, все операции, связанные с бетонированием, нужно выполнять особенно тщательно. Бетонная смесь не только должна заполнить опалубку, т. е. принять конфигурацию и размеры бетонируемой конструкции, но и обеспечить получение высококачественного бетона.

Рабочие операции, входящие в технологический процесс бетонирования, можно разделить на три группы: подготовительные, основные и вспомогательные.

К числу *подготовительных операций* относят операции, связанные с подготовкой объекта, блоков бетонирования, механизмов и инструментов, применяемых в этом случае.

Перед приемом бетонной смеси следует очистить территорию объекта, убрать все мешающее с рабочих мест, осмотреть и подготовить подъездные пути, настилы, пандусы и т. д. Надежность эстакад, настилов лесов после проверки удостоверяют соответствующим актом.

Блок бетонирования должен быть тщательно осмотрен. Положение опалубки, арматуры, закладных частей и анкерных болтов проверяют с помощью геодезических инструментов с последующим составлением исполнительной схемы и акта на скрытые работы. Эти документы подписывают представители подрядчика и техника заказчика. Особое внимание при геодезической проверке нужно обращать на наличие строительного подъема днищ опалубочных коробов балок, прогонов, арок и т. п.

Для предотвращения вытекания цементного молока и раствора щели в дощатой опалубке конопатят паклей или заделывают планками, а между стальными и фанерными щитами шпаклюют алебастром. Формующую поверхность опалубки смазывают, чтобы исключить прилипание к ней бетона. Активную поверхность железобетонной и армоцементной опалубки-облицовки очищают продувкой сжатым воздухом и увлажняют для лучшего сцепления ее с бетоном массива.

Арматуру, закладные детали и анкерные болты очищают от грязи и ржавчины. Резьбовую часть анкерных болтов для защиты от загрязнений и повреждений при бетонировании смазывают солидолом и обматывают мешковиной.

Блок бетонирования непосредственно перед укладкой бетона очищают, затем промывают водой и продувают сжатым воздухом. Одновременно с подготовкой объекта и блока бетонирования приводят в готовность механизмы (краны, бетоноукладчики, бетонона-

сосы и др.). При необходимости эти механизмы испытывают и опробывают. Для каждого механизма определяют зону обслуживания и намечают схему перемещения. Затем подключают и опробывают вибраторы, проверяют систему энергоснабжения, освещения, связи, звуковой и световой сигнализации.

Далее на рабочих местах расставляют оснастку (бадн, бункера), инструмент (лопаты, скребки, гладилки), устраивают ограждения и защитные козырьки для обеспечения безопасных условий труда.

К числу *основных операций* относят прием, распределение и уплотнение бетонной смеси. Их необходимо выполнять в непрерывной последовательности, так как задержка любой из них вызывает схватывание смеси, ухудшает качество бетона и увеличивает трудовые затраты.

За выполнением этих ответственных операций налаживают постоянный контроль со стороны технического персонала стройки. Бетоносмесительный завод на каждую партию бетонной смеси, доставленной на объект, должен выдавать паспорт, в котором указывают основные характеристики смеси (марка, вид цемента, крупность заполнителя и т. д.). Кроме того, на объекте ежедневно ведут журнал бетонных работ по форме, приведенной ниже.

Журнал бетонных работ

Строительство Карагандинского металлургического завода
 Объект: Слябинг 1150
 Объем бетона:
 неармированного 820 м³
 армированного 1435 м³
 В том числе: марка бетона 150—1435 м³
 марка бетона 100—820 м³
 Производитель работ: Иванов А. П.
 Лаборант: Смирнова Г. Т.
 Год 1965. Начат 10 апреля. Окончен 25 июня

Оборотная

Дата бетонирования	Наименование бетонированной части сооружения и конструкции элементов (с указанием осей и отметок)	Марка бетона	Состав бетонной смеси и водоцементное отношение	Вид и активность цемента	Осадка конуса (средняя), см	Температура бетонной смеси на выходе из бетоносмесителя, °С	Температура бетонной смеси при укладке, °С
10. 4. 1965 г.	Фундаменты под колонны, ряд Г-Е, оси 94—96	150	Щебень 40 км В/Ц-0,45	Портландцемент М500	6—8	40	30—32

В процессе укладки и уплотнения бетонной смеси необходимо наблюдать за состоянием опалубки и поддерживающих лесов. При обнаружении их деформаций или смещений бетонирование следует прекратить, принять меры к устранению нарушений и привести опалубку в надлежащее состояние.

Вспомогательные операции, сопутствующие бетонированию, заключаются в установке, закреплении и перемещении транспортных устройств и приспособлений: вибропитателей, виброжелобов, хоботов, бетоновозов. Сюда относят также очистку и промывку машин и механизмов после бетонирования.

§ 2. Уплотнение бетонной смеси. Основы теории виброуплотнения

Высококачественный бетон можно получить при использовании качественных материалов, правильном подборе состава бетонной смеси, эффективном ее уплотнении и создании оптимальных условий для твердения бетона.

Бетонную смесь, укладываемую в монолитные конструкции, уплотняют штыкованием, трамбованием, вибрированием и вакуумированием. Цель уплотнения — обеспечить хорошее заполнение бетонной смесью опалубочной формы и добиться наилучшей упаковки входящих в нее частиц. Хорошо уплотненный бетон имеет более высокую плотность, его объемная масса по сравнению с неуплотненной бетонной смесью повышается с 2,2 до 2,4—2,5 т/м³. Возрастает прочность, морозостойкость, водонепроницаемость бетона, улучшаются другие его свойства.

Штыкование смеси ведут вручную с помощью шуровок (рис. 9-1, а). Из-за трудоемкости и низкой производительности этого способа его применяют в исключительных случаях для уплотнения бетонной смеси в тонкостенных и густоармированных конструкциях. Укладку высокоподвижных смесей (с осадкой конуса более 10 см) и литых ведут тоже с помощью шуровок, чтобы избежать их расслоения при вибрировании.

сторона журнала

Объем бетона, уложенного в дело (за смену), м³	Способ уплотнения бетонной смеси (тип вибратора)	Температура воздуха, °С	Атмосферные осадки и погода	Маркировка контрольных образцов	Результат испытания контрольных образцов, кгс/см²		Дата распалубливания данной части сооружения
					при распалубливании	через 28 дней	
92	И-116	+7	Солнечно	СГ-94, СГ-96	60	157	14.4.75

Трамбование бетонной смеси ведут ручными и пневматическими трамбовками (рис. 9-1, б, в). Этот способ применяют редко — при укладке весьма жестких бетонных смесей в малоармированные конструкции, а также в тех случаях, когда применить вибраторы невозможно из-за отрицательного воздействия вибрации на расположенное вблизи оборудование.

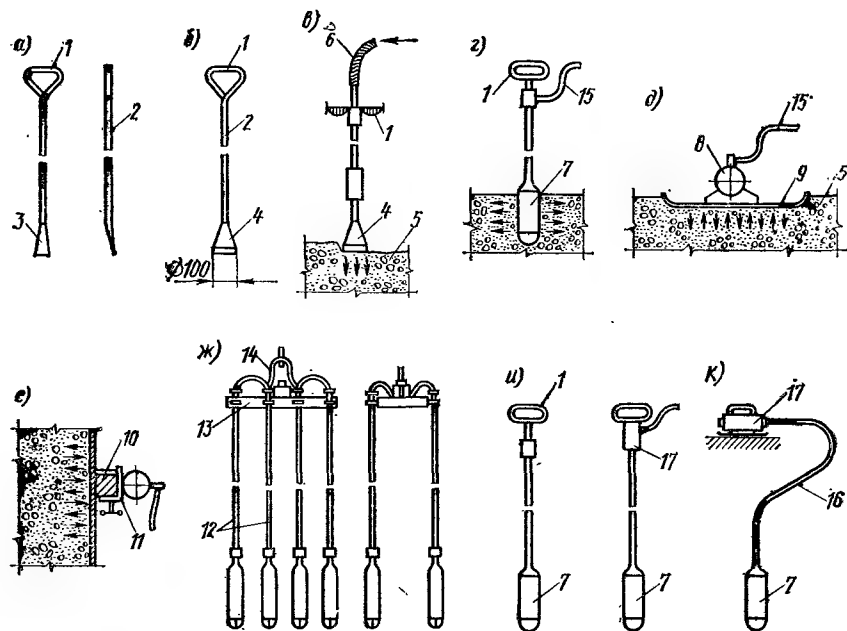


Рис. 9-1. Инструменты и механизмы для уплотнения бетонной смеси:

а — шуровка; б — ручная трамбовка; в — пневмотрамбовка; г — внутренний вибратор; д — поверхностный вибратор; е — наружный вибратор; ж — вибропакет; з — внутренний вибратор с двигателем в рабочем органе; и — то же, с двигателем, вынесенным к ручке; к — вибратор с гибким валом; 1 — ручка; 2 — стержень; 3 — лопатка; 4 — трамбующая плита; 5 — бетон; 6 — шланг; 7 — рабочий орган; 8 — корпус вибратора; 9 — площадка; 10 — ребро опалубки; 11 — тисковый зажим; 12, 16 — гибкий вал; 13 — планка; 14 — скоба; 15 — электрокабель; 17 — электродвигатель

Основным способом уплотнения бетонных смесей является *вибрирование*, или *виброуплотнение*. Этот способ применяют для уплотнения смесей с осадкой конуса от 0 до 10 см.

Сущность процесса виброуплотнения упрощенно можно представить следующим образом. На бетонную смесь, представляющую собой многокомпонентный конгломерат с рыхлой структурой и упруговязкими свойствами, воздействуют вибрацией. Вибраторы погружают в бетонную смесь, крепят к опалубке или устанавливают на поверхность слоя смеси. Энергия вибрационных колебаний ближайших слоев смеси преодолевает силы внутреннего трения и сцепления между ее компонентными частицами. В результате резко снижается вязкость смеси; в период вибрирования она приобретает свойства тяжелой структурной жидкости, обладающей значитель-

ной текучестью. При этом смесь хорошо заполняет опалубочную форму и пространство между густорасположенными арматурными стержнями.

Вместе с тем при снижении вязкости смеси в результате вибрирования ее частицы под действием гравитационных сил стремятся занять по отношению друг к другу наиболее устойчивое положение. Это приводит к взаимоукупорке частиц, т. е. к наиболее плотному их расположению в форме. Одновременно в зоне вибрации создается повышенное давление, вследствие чего воздух интенсивно вытесняется из бетонной смеси. Эти взаимосвязанные процессы обеспечивают получение бетона с плотной структурой и хорошего качества.

Вибрирование характеризуется двумя параметрами: частотой и амплитудой колебаний, причем в данном случае амплитуда — наибольшее отклонение колеблющейся частицы от положения равновесия, выраженное в миллиметрах. Эти параметры взаимосвязаны: низкочастотные вибраторы имеют большую амплитуду колебаний, и наоборот.

Выпускаемые нашей промышленностью вибраторы по вибрационным характеристикам можно подразделить на низкочастотные с числом колебаний до 3500 в 1 мин и амплитудой до 3 мм, среднечастотные, имеющие 3500—9000 кол/мин и амплитуду 1—1,5 мм; высокочастотные с частотой 10 000—20 000 кол/мин и амплитудой 0,1—1 мм.

Низкочастотные вибраторы с наибольшим эффектом применяют для уплотнения бетонных смесей с крупностью заполнителя 50—70 мм и более, среднечастотные — при крупности 10—50 мм, высокочастотные — при крупности до 10 мм, т. е. мелкозернистых бетонов.

По способу воздействия на бетонную смесь вибраторы подразделяют на внутренние (глубинные), погружаемые рабочим органом (корпусом) в слой бетонной смеси, и непосредственно передающие колебания через корпус (рис. 9-1, г).

Внутренние вибраторы подразделяют на вибробулавы и вибраторы с гибким валом. Поверхностные вибраторы, устанавливаемые на слой бетонной смеси, передают ей колебания через рабочую площадку или вибробрус (рис. 9-1, д). Наружные вибраторы укрепляют на опалубке, через которую они передают колебания бетонной смеси (рис. 9-1, е).

По роду питающей энергии различают вибраторы электромеханические, электромагнитные и пневматические.

По использованию вибраторы подразделены на одиночные и вибропакеты (рис. 9-1, ж), используемые для уплотнения бетонной смеси в большеобъемных блоках.

При уплотнении бетонной смеси внутренними вибраторами толщину укладываемых слоев принимают не более 1,25 от их рабочей части. Для лучшего сцепления между отдельными слоями вибратор частично заглубляют в ранее уложенный слой (рис. 9-2). Продолжительность вибрирования в одной точке зависит от типа вибратора.

ра и технологических характеристик бетонной смеси, в частности ее подвижности. Чем меньше подвижность уплотняемой смеси, тем больше длительность ее виброуплотнения.

Следует помнить, что при недостаточной продолжительности вибрирования смесь окажется недоуплотненной, а бетон — пористым и некачественным. Чрезмерно же длительное вибрирование приводит к расслоению смеси и ухудшению качества бетона. В каждом случае опытным путем определяют оптимальное время вибрирования. Ориентировочно для внутренних вибраторов оно равно 20—50 с.

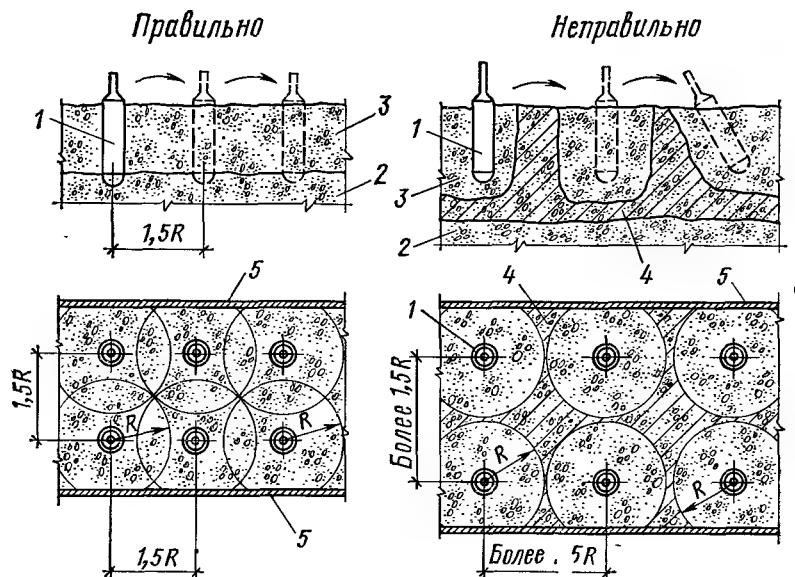


Рис. 9-2. Виброуплотнение бетонной смеси:

1 — рабочий орган вибратора; 2 — ранее уложенный слой бетона; 3 — укладываемый слой; 4 — неуплотненные участки; 5 — опалубка

Степень виброуплотнения определяют визуально. Основными признаками достаточного виброуплотнения служат: прекращение оседания бетонной смеси, появление на ее поверхности цементного молока и прекращение выделения пузырьков воздуха.

По окончании виброуплотнения смеси на одной позиции во избежание появления пустот вибратор медленно вытаскивают, не выключая его, и переставляют на новую позицию. Расстояние между позициями не должно превышать полутора радиусов действия вибратора, причем зоны вибрирования должны перекрывать друг друга (рис. 9-2). Радиус действия зависит от подвижности бетонной смеси и типа вибраторов. Для вибратора с гибким валом И-116А он колеблется от 25 до 50 см, для виброулавки И-50А — от 45 до 50 см.

Для получения качественного бетона особенно тщательно необходимо вести виброуплотнение смеси в углах опалубки и у ее стенок, в местах с густорасположенной арматурой, на перегибах конструкции. Чтобы не нарушить сцепления бетона с арматурой или закладными деталями, не следует устанавливать на них работающие вибраторы.

Поверхностными вибраторами бетонную смесь уплотняют отдельными полосами с перекрытием провибрированной полосы на 10—15 см. Толщина слоев, прорабатываемых поверхностными вибраторами, составляет 25—30 см; продолжительность работы на одной позиции от 20 до 60 с. Окончание вибрирования определяют по внешним признакам, которые перечислены выше.

При перестановке поверхностный вибратор специальным крючком отрываю от бетона и перемещают на новую позицию. Не рекомендуется медленно протаскивать работающий вибратор по поверхности бетона, так как при этом затруднительно вести контроль качества виброуплотнения.

Вибробрус (виброрейку)

в процессе виброуплотнения медленно перемещают по специальным направляющим, укладываемым по краям бетонируемой полосы.

Наружные вибраторы жестко крепят к опалубке. С их помощью можно уплотнять смесь на глубину до 25 см. При бетонировании высоких конструкций (например, колонн или стен) устанавливают несколько вибраторов по высоте, включая их по мере укладки бетонной смеси. Можно пользоваться одним вибратором, переставляемым с места на место, при наличии приспособлений для быстрого его закрепления. Продолжительность работы поверхностного вибратора на одной стоянке 50—90 с. Для обеспечения бесперебойного и качественного виброуплотнения на рабочем месте должны находиться запасные вибраторы.

Способ уплотнения бетонной смеси вакуумированием основан на принципе отсоса из нее излишней воды и воздуха. При отсосе частицы смеси сближаются, снижая ее пористость и усадку и улучшая качество бетона. Так, прочность вакуумированного бетона повышается на 15—20% по сравнению с вибрированным бетоном.

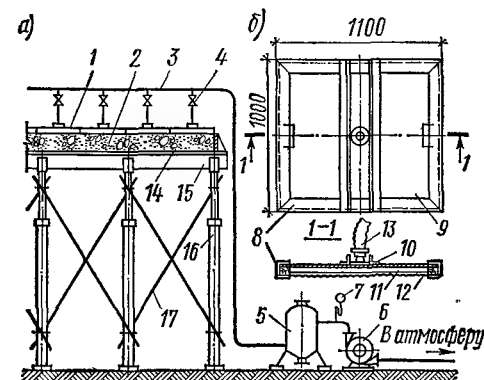


Рис. 9-3. Вакуумирование бетона:

а — вакуумирование перекрытий; б — вакуумный щит; 1 — вакуумный щит; 2 — бетон перекрытия; 3 — всасывающие шланги; 4 — вентиль; 5 — ресивер; 6 — насос; 7 — манометр; 8 — каркас щита; 9 — вакуумная полость; 10 — штуцер; 11 — стальные сетки; 12 — фильтрующая ткань; 13 — шланг; 14 — палуба опалубки; 15 — прогон опалубки перекрытий; 16 — телескопическая стойка; 17 — связка стоек

Вакуумирование применяют для уплотнения бетона в тонких конструкциях, имеющих большую развернутую поверхность (например, при бетонировании сводов, оболочек и куполов). Наибольшая толщина слоя бетона, прорабатываемого вакуумированием, 30 см.

Вакуумирование смеси можно вести несколькими способами: с помощью опалубочных вакуум-щитов (при бетонировании тонких вертикальных или наклонных стенок); переносными вакуум-ящиками, которые устанавливают сверху на уложенный бетон (рис. 9-3); при помощи вакуум-трубок, устанавливаемых внутрь бетонной конструкции; комбинированным способом, сочетающим в себе признаки первых трех.

В комплект оборудования для вакуумирования входят вакуум-насос, ресивер, всасывающие шланги и вакуум-щиты (вакуум-трубки). Вакуум-щит состоит из каркаса размером 100×125 см с герметизирующей прокладкой по контуру. В нижней части щита имеется основа из двух стальных сеток и натянутой по ним фильтрующей ткани. Между крышкой щита и фильтрующей частью образуется полость; при создании в ней вакуума из бетона отсасывается воздух и свободная вода, в результате чего бетон уплотняется. Вакуумирование смеси ведут при степени разрежения в системе не менее 70 кПа.

По окончании вакуумирования вакуум-щиты отсоединяют от системы. В полости попадает воздух, и они легко отстают от бетона. Щиты снимают и переставляют на новые позиции.

§ 3. Бетонирование подготовок, полов и фундаментных плит

Для устройства бетонных подготовок под цементные, керамические и другие виды полов применяют бетонную смесь с осадкой конуса 0—2 см.

Площадь, на которой предполагается бетонировать подготовку, разбивают на карты-полосы шириной 3—4 м, устанавливая по их краям маячные доски (рис. 9-4). Бетонную смесь разгружают на месте бетонирования непосредственно из автобетоновоза. Лопатами ее грубо разравнивают, а затем с помощью вибробруса (виброрейки) уплотняют. При этом вибробрус на одной позиции держат до тех пор, пока он не опустится с обоими концами на маячные доски.

Когда по бетонной подготовке предполагают укладывать бетонные, цементные или асфальтовые полы, ее поверхность оставляют после проходки вибробруса шероховатой для лучшего сцепления с верхними слоями.

Полосы-карты бетонруют через одну в последовательности, указанной на рис. 9-5. Промежуточные полосы бетонруют после затвердения бетона в смежных полосах, как бы для распора ранее уложенного бетона. Перед бетонированием промежуточных полос обязательно снимают маячные доски; по этим граням образуются рабочие швы. Такая схема бетонирования позволяет снизить сум-

марную величину усадки подготовки и уменьшить вероятность появления в ней усадочных трещин.

Для снижения температурных напряжений устраивают деформационные швы, параллельные направлению бетонирования. Перпендикулярно им предусматривают ложные деформационные швы. Их устраивают с помощью металлической полосы шириной 80—100 мм, толщиной 4—6 мм и длиной, равной ширине карты. Такую полосу заглубляют в свежееуложенный и провибрированный бетон на $\frac{1}{3}$ толщины слоя, оставляя ее в бетоне на 20—40 мин, после чего осторожно извлекают. Образовавшийся паз заливают цементным раствором или битумом.

Бетонировать чистые полы по бетонной подготовке нужно с минимальным перерывом. Если бетон подготовки полностью схватился, перед бетонированием пола его увлажняют, не допуская, однако, луж на поверхности.

Чистый пол бетонруют по маячным доскам с уплотнением бетона виброрейкой.

Свежееуложенный бетон тщательно заглаживают с помощью ручного инструмента (рис. 9-6) или специальной затирочной машины. Окончательно поверхность бетонного пола отделывают гладильной доской (рис. 9-6, а) или брезентовой лентой (рис. 9-6, б). Ширину ленты принимают 300—400 мм; длина ее должна быть на 1—1,5 мм больше ширины бетонируемой полосы. Концы ленты закрепляют к ручкам-валикам. Заглаживают бетон через 20—30 мин после окончания бетонирования. К этому моменту на поверхности бетона появляется тонкая пленка воды и цементного молока. Такая пленка при заглаживании лентой частично отсасывается, частично удаляется.

Через 30—40 мин после заглаживания лентой поверхность бетона обрабатывают металлическим полутерком до обнажения зерен гравия (щебня). Такая обработка позволяет получить качественные бетонные полы, обладающие высокой истираемостью и прочностью.

Для того чтобы придать бетонному полу повышенную плотность и хорошие гигиенические качества, его поверхность железнят. При этом в поверхность свежееуложенного влажного бетона тщательно втирают сухой цемент до появления матового блеска. Эту операцию выполняют с помощью стальных полутерков, кельм или затирочных машин.

Фундаментные плиты, днища резервуаров, туннелей и отстойников имеют большие площади и отличаются густым армированием.

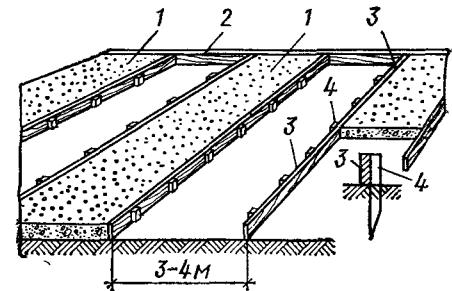


Рис. 9-4. Бетонирование подготовок и полов:

1 — карта; 2 — поперечная доска; 3 — направляющая доска; 4 — колья

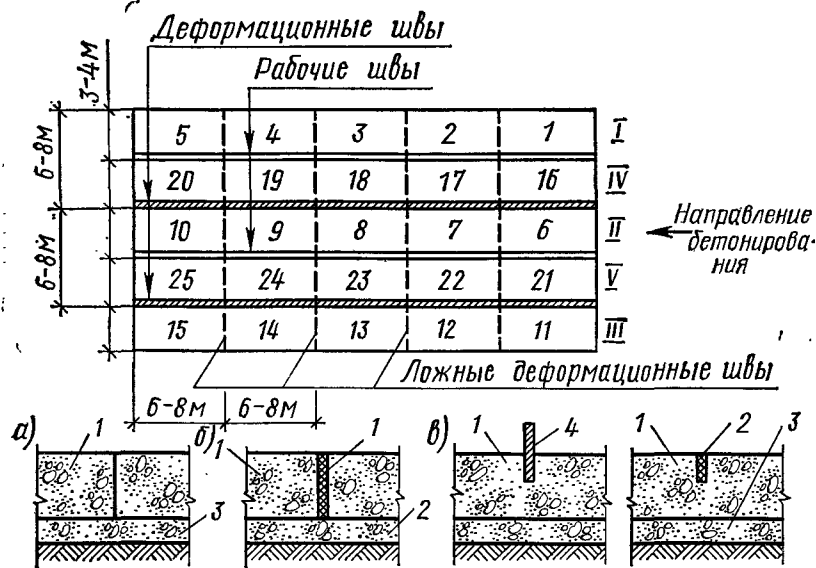


Рис. 9-5. Последовательность бетонирования карт-полос и устройства швов: а — рабочий шов; б — деформационный шов; в — ложный деформационный шов; г — деформационный шов (заливка битумом); 1 — бетон; 2 — деформационный шов (заливка битумом); 3 — подстилающий слой; 4 — стальная пластина

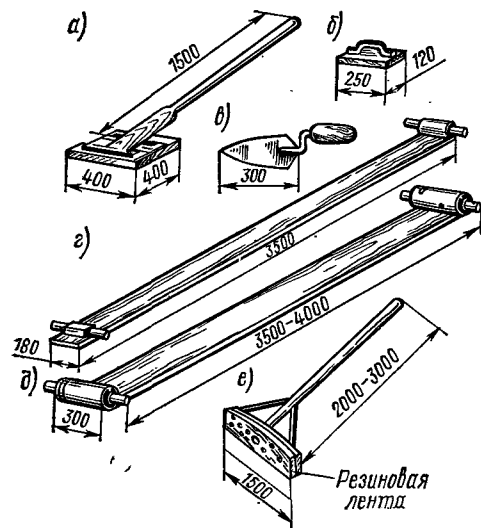


Рис. 9-6. Инструменты для заглаживания и отделки бетонных поверхностей: а — гладилка; б — полутерок; в — кельма; г — доска для заглаживания; д — лента; е — скребок

Толщина таких плит и днищ колеблется от 0,15 до 1,5 м. Способы их бетонирования выбирают с учетом размеров в плане, толщины, степени армирования, а также местных условий (например, наличия на стройке тех или иных механизмов и мощности бетоносмесительных установок).

При большой площади плит их разбивают на блоки бетонирования, или карты. По краям карт устанавливают деревянную или сетчатую опалубку без разрезки арматуры на границах карт. Ширину блоков принимают с учетом условий непрерывного бетонирования и темпа подачи бетонной смеси.

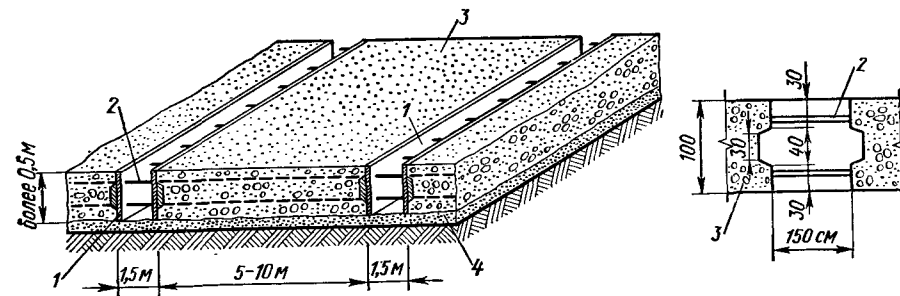


Рис. 9-7. Бетонирование больших плит: 1 — опалубка разделительной полосы; 2 — арматура; 3 — бетон; 4 — подстилающий слой

Если толщина плит меньше 0,5 м, разбивку их на карты и бетонирование ведут так же, как бетонных подготовок. При большей толщине плиты разбивают на параллельные карты шириной 5—10 м, оставляя между ними разделительные полосы шириной 1—1,5 м (рис. 9-7).

Фронт бетонирования в пределах карты должен быть минимальным. Карты бетонируют подряд, т. е. одну за другой; для уменьшения суммарной усадки бетон в разделительные полосы укладывают враспор с затвердевшим бетоном карт после снятия опалубки на их границах.

Бетонную смесь с осадкой конуса 2—6 см подают на карты бетоноукладчиками, эстакад, а также кранами в бадьях. Подавать ее следует в направлении к ранее уложенному бетону, как бы прижимая новые порции к уложенным (рис. 9-8).

Плиты большой толщины бетонируют в один слой. При этом несколько затрудняется виброуплотнение, поскольку внутренние вибраторы требуется погружать в смесь на глубину, в 1,5—2 раза превышающую длину рабочей части.

Бетонирование следует

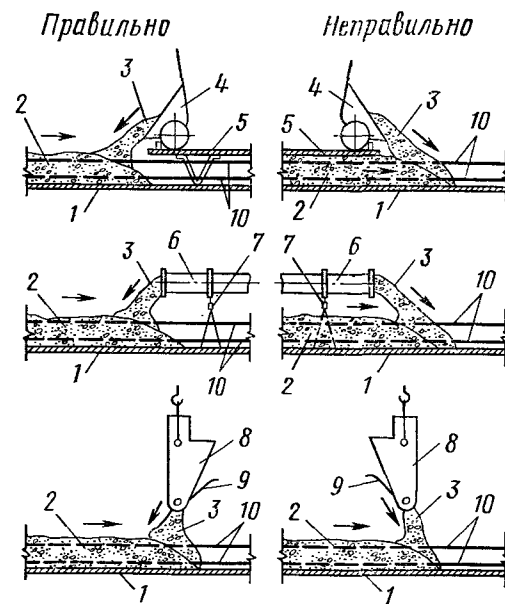


Рис. 9-8. Подача бетонной смеси при бетонировании плит:

1 — опалубка; 2 — уложенный бетон; 3 — подаваемая бетонная смесь; 4 — тачка; 5 — съемные щиты; 6 — бетоновод; 7 — стойка; 8 — бадья; 9 — рычаг затвора; 10 — арматура

организовать так, чтобы избежать устройства рабочих швов в пределах одной карты. Выравнивают бетон плит по маякам, поверхность заглаживают гладилками, кельмами или полутерками. В местах примыкания стен, опирания колонн и столбов бетон оставляют шероховатым с устройством в отдельных случаях рифления и насечки.

§ 4. Бетонирование фундаментов и массивов

В малоармированные фундаменты и массивы укладывают бетонную смесь с осадкой конуса 1—3 см и крупностью заполнителя до 70 мм, в густоармированные — с осадкой конуса 3—6 см и крупностью, не превышающей $\frac{1}{3}$ наименьшего расстояния между

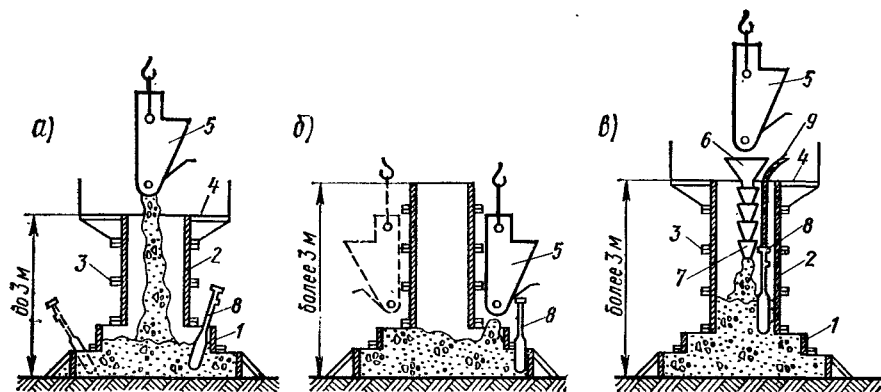


Рис. 9-9. Бетонирование ступенчатых фундаментов:

а — высотой до 3 м; б, в — высотой более 3 м; 1 — опалубка ступени; 2 — опалубка пилона; 3 — схватки; 4 — настил; 5 — бадья; 6 — приемная воронка; 7 — звеньевой хобот; 8 — внутренний вибратор; 9 — веревка

арматурными стержнями. В массивные фундаменты укладывают бетон на цемент с низкой экзотермией, для того чтобы уменьшить температурные деформации конструкций и исключить их растрескивание.

Способы бетонирования фундаментов выбирают с учетом их заглубления, объема и числа на одном объекте. В фундаменты под колонны зданий объемом до 15 м³ бетонную смесь подают по виброжелобам, заглубляя их, а также бетоноукладчиками, транспортерами и в бадьях кранами.

В ступенчатые фундаменты с общей высотой до 3 м и площадью нижней ступени до 6 м² смесь подают через верхний урез опалубки (рис. 9-9, а), предусматривая меры против смещения анкерных болтов и закладных деталей. При виброуплотнении внутренние вибраторы погружают в смесь через открытые грани нижней ступени и переставляют их по периметру ступени в направлении к центру фундамента. Аналогично ведут виброуплотнение бетона второй и третьей ступеней, после чего их заглаживают. В этих случаях, ког-

да высота пилон фундамента небольшая, применяют малоподвижные бетонные смеси (осадка конуса до 3 см). Пилоны можно бетонировать сразу же после окончания бетонирования ступеней. Смесь в пилон подают через верхний урез опалубки. Уплотняют ее внутренними вибраторами, опуская их сверху. Особенно тщательно надо вести виброуплотнение в углах и на перегибах опалубки, а также в местах армирования и вблизи закладных деталей.

При высоте ступенчатых фундаментов более 3 м и площади нижней ступени более 6 м² первые порции бетонной смеси подают в нижнюю ступень по периметру (рис. 9-9, б). В последующем смесь подают через приемный бункер и звеньевые хоботы (рис. 9-9, в). Виброуплотнение смеси ведут, как и в предыдущем случае, внутренними вибраторами.

Бетонировать высокие пилоны при осадке конуса смеси, равной 4—6 см, нужно медленно и даже с некоторыми перерывами (1—1,5 ч), чтобы исключить выдавливание бетона, уложенного в ступени, через их верхние открытые грани.

Массивные фундаменты, воспринимающие динамические нагрузки (например, под прокатное, кузнечно-прессовое оборудование), бетонируют непрерывно. Объем их достигает 2,5—3,0 тыс. м³. Бетонную смесь в них подают с эстакад, транспортерами, бетононасосами или комбинированными способами с темпом до 300—350 м³ за смену. В труднодоступные места массива подают смесь и распределяют ее по площади фундамента с помощью виброжелобов. Для спуска смеси с высоты более 3 м применяют наклонные лотки, звеньевые хоботы, а при высоте более 10 м — виброхоботы.

Укладывают бетонную смесь в массивные фундаменты с густой арматурой горизонтальными слоями толщиной 0,3—0,4 м, уплотняя ее ручными внутренними вибраторами.

Большие малоармированные или неармированные массивы бетонируют слоями 1—2 м. Уплотняют смесь в них мощными пакетными вибраторами, переставляемыми с помощью кранов. В последние годы для распределения и уплотнения смеси в таких массивах применяют малогабаритные электробульдозеры (рис. 9-10).

С целью снижения расхода цемента малоармированные и неармированные массивы целесообразно возводить из камнебетона. Для этого в слой бетонной смеси с осадкой конуса 4—6 см и толщиной 0,3—0,4 м с помощью мощного поверхностного вибратора погружают куски камня крупностью 120—300 мм. При этом образуется слой камнебетона толщиной 50—60 см, в котором 30—40%

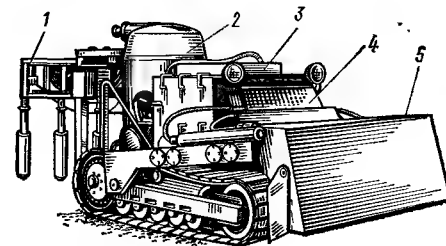


Рис. 9-10. Электробульдозер для разравнивания и уплотнения бетонной смеси в массивах:

1 — пакет вибраторов; 2 — бухта электрокабеля; 3 — силовая установка; 4 — базовая машина; 5 — отвал

занимает крупный щебень и камень. Кроме снижения расхода цемента в камнебетоне уменьшаются температурные и усадочные деформации.

С этой же целью в бетон малоармированных массивов укладывают отдельные камни размером более 150 мм (так называемый изюм). Для этого отбирают прочные камни с шероховатыми гранями, которые перед укладкой промывают струей воды. Расстояние между отдельными камнями следует принимать не менее 20 см; они не должны касаться арматуры и опалубки. Смесь уплотняют внутренними ручными вибраторами.

§ 5. Бетонирование стен и перегородок

В стены толщиной более 0,5 м и при слабом армировании укладывают бетонную смесь с осадкой конуса 4—6 см и крупностью заполнителя до 60 мм. При длине более 15 м стены делят на участки по 7—10 м, с тем чтобы за смену можно было забетонировать без перерыва целое число участков. Деревянную разделительную опалубку, устанавливаемую на границах участков без разрезки арматуры, устраивают так, чтобы в стене образовались шпонки (рис. 9-11, а). Вместо деревянной можно устанавливать сетчатую разделительную опалубку, которую оставляют в бетоне.

При высоте стен до 3 м бетонную смесь разгружают непосредственно в опалубку в несколько точек по длине участка. Для подачи смеси используют виброжелоба, если стены заглублены, или бадьи, подаваемые кранами (рис. 9-11, б). Бетонируют стены горизонтальными слоями толщиной 0,35—0,4 м.

Не рекомендуется подавать смесь в одну точку стены, перемещая ее внутри опалубки вибраторами (рис. 9-11, в). В этом случае образуются наклонные рыхлые слои, снижающие качество бетона. Уплотняют смесь внутренними вибраторами с обязательным погружением рабочей части в ранее уложенный слой.

В стены высотой более 3 м смесь подают через воронки по звеньевым хоботам. Вибраторы для уплотнения нижних слоев опускают на веревках.

В тонкие и густоармированные стены (перегородки) укладывают бетонную смесь с осадкой конуса 6—10 см и крупностью заполнителя до 20 мм. При их толщине до 0,15 м бетонирование ведут ярусами высотой до 1,5 м. Опалубку таких стен возводят с одной стороны на всю высоту, а с другой — только на высоту яруса. Арматуру устанавливают на всю высоту. Бетонную смесь подают и уплотняют вибраторами со стороны низкой опалубки (рис. 9-11, з). После бетонирования яруса опалубку наращивают на высоту второго слоя и т. д. Если поярусно установить опалубку невозможно, бетонную смесь в тонкие стены подают через специальные окна и карманы (рис. 9-11, д).

Водонепроницаемые стены резервуаров, опускных колодцев и других сооружений бетонируют непрерывно на всю высоту или на высоту укрупненного яруса (2,5—4 м). При этом смесь укладывают

слоями не более 0,5 м. Слои укладывают непрерывно один за другим при движении крана (бетоноукладчика) по периметру резервуара (рис. 9-12, а).

При сооружении больших резервуаров или опускных колодцев для обеспечения непрерывности бетонирования стены делят на два

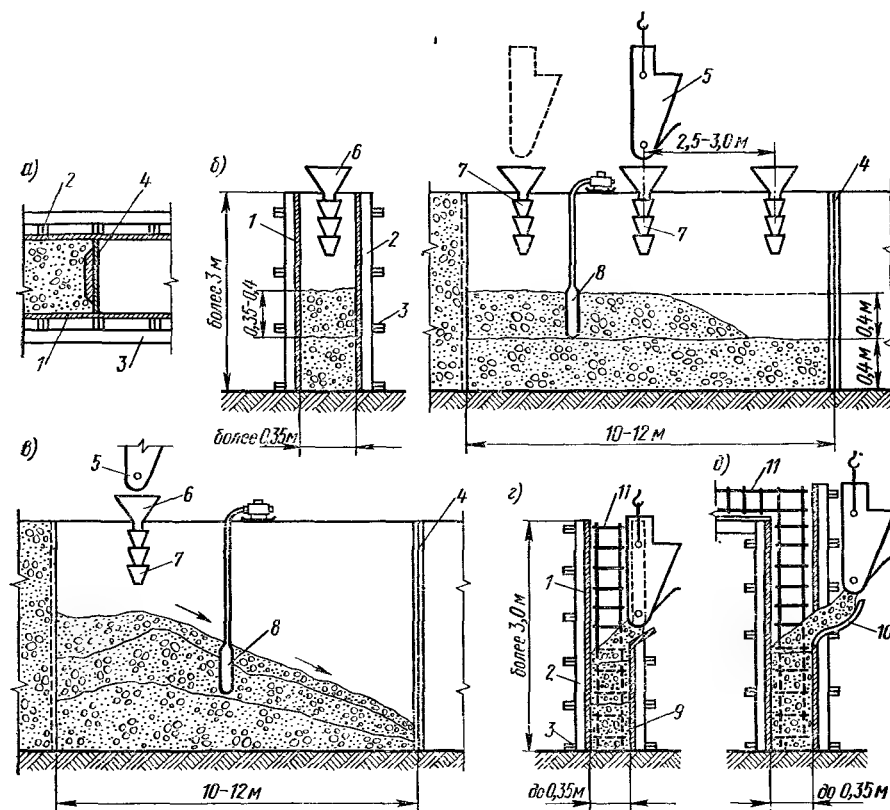


Рис. 9-11. Бетонирование стен:

а — установка разделительной опалубки; б — послойное бетонирование стен; в — неправильное бетонирование стен с подачей бетонной смеси в одну точку; г, д — бетонирование высоких и густоармированных стен; 1 — опалубка; 2 — усиливающие ребра опалубки; 3 — схватка; 4 — организация рабочего шва; 5 — бадья; 6 — приемная воронка; 7 — звеньевой хобот; 8 — вибратор; 9 — слон бетона; 10 — карман; 11 — арматура

три сектора; каждый из них должен обслуживать отдельный кран. Укладывают смесь отдельные звенья бетонщиков от центра сектора навстречу друг другу (рис. 9-12, б).

В исключительных случаях стены резервуаров делят на участки с образованием вертикальных швов шпоночного типа. В пределах участка бетонирование ведут непрерывно. Швы перед бетонированием соседнего участка тщательно расчищают.

Для лучшего примыкания стен резервуаров к днищам помимо подготовки швов непосредственно перед бетонированием в опалубку (на днище) укладывают слой жирного цементного раствора толщиной 3—5 см.

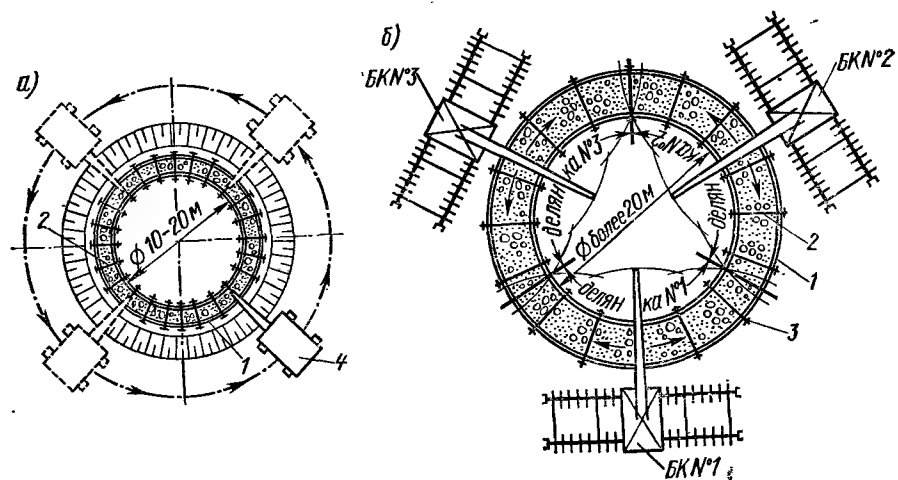


Рис. 9-12. Бетонирование стен резервуаров и опускных колодцев: а — непрерывное послойное бетонирование; б — бетонирование по секторам (делянкам); 1 — опалубка; 2 — тяжи; 3 — вертикальное ребро жесткости; 4 — край-бетонукладчик

Качество железобетонных стен, в частности их водонепроницаемость, зависит от аккуратности бетонирования и тщательности виброуплотнения. Особенно тщательно нужно виброуплотнять бетон в стесненных местах, под тяжами и скрутками, проходящими сквозь стену, в тонких стенах и при густом армировании.

§ 6. Бетонирование колонн, ребристых перекрытий и рам

Для бетонирования густоармированных колонн сечением $0,6 \times 0,6$ м и менее применяют бетонную смесь с осадкой конуса 6—8 см и крупностью заполнителя до 20 мм. При слабом армировании и большем сечении колонн осадку конуса можно снизить до 4—6 см, а крупность увеличить до 40 мм.

Если над колоннами расположены балки и прогоны с густой арматурой, которая затрудняет подачу бетонной смеси в них сверху, бетонировать колонны разрешается до установки арматуры балок.

Перед бетонированием колонн необходимо расчистить стыки и уложить слой жирного цементного раствора толщиной 3—5 см.

Колонны высотой до 5 м со сторонами сечения до 0,8 м, не имеющие перекрещивающихся хомутов, бетонируют непрерывно на всю высоту. Бетонную смесь осторожно загружают сверху и уплотняют ее внутренними вибраторами, опускаемыми в опалубку на веревках (рис. 9-13, а).

Если высота колонн большого сечения превышает 5 м и они не имеют перекрещивающихся хомутов, смесь для бетонирования подают через воронки по хоботам, а уплотняют ее навесными или внутренними вибраторами (рис. 9-13, б).

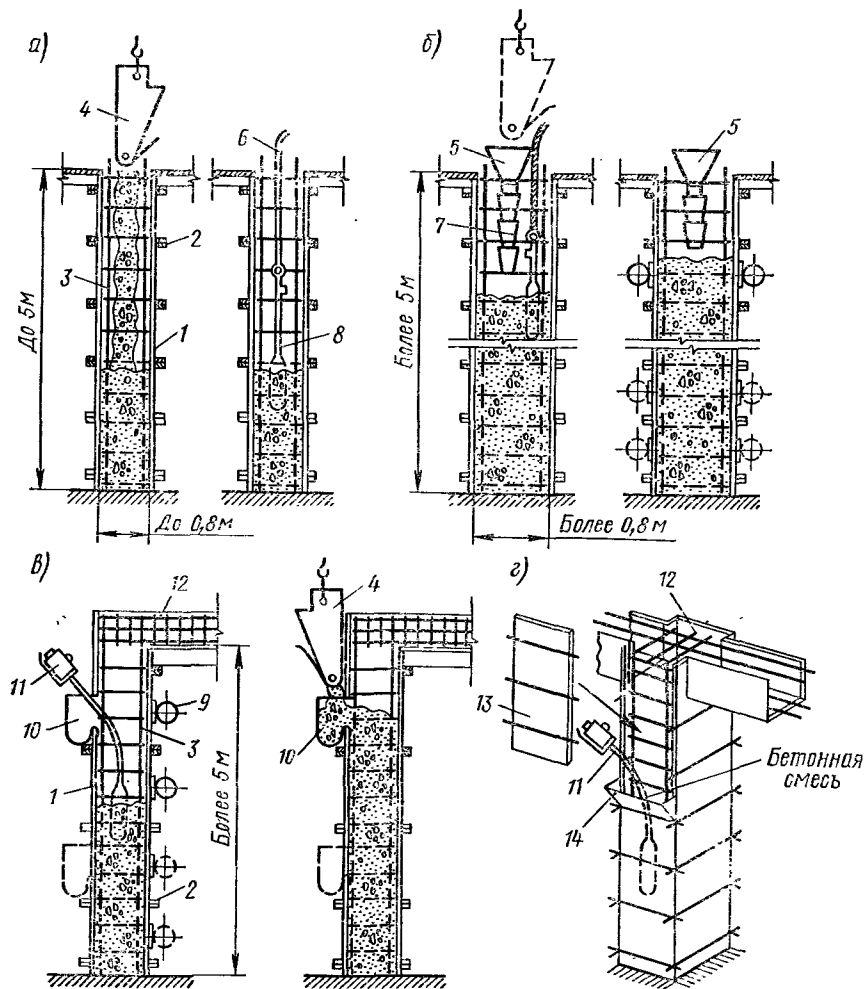


Рис. 9-13. Бетонирование колонн:

а — бетонирование колонн высотой до 5 м; б — то же, при высоте более 5 м; в, г — то же, с густой арматурой балок; 1 — опалубка; 2 — хомут; 3 — арматура; 4 — бадья; 5 — приемная воронка; 6 — веревка; 7 — звеньевой хобот; 8 — виброулавка; 9 — наружный вибратор; 10, 14 — карманы; 11 — вибратор с гибким валом; 12 — арматура балки; 13 — съемный щит

Высокие и густоармированные колонны с перекрещивающимися хомутами бетонируют через окна в опалубке и специальные карманы. Виброуплотняют смесь с помощью навесных вибраторов (рис. 9-13, в). Колонны независимо от их высоты, сечения и армирования следует бетонировать непрерывно на всю высоту этажа.

Рабочие швы рекомендуются устраивать по верхнему урезу фундамента (рис. 9-14, а), т. е. в сечении А—А, у низа прогонов и балок в сечении Б—Б. В колоннах промышленных сооружений рабочие швы располагают по верху фундамента (сечение А—А), на уровне верха подкрановых балок (сечение Б—Б) или на уровне низа консолей (сечение В—В, рис. 9-14, б).

В колоннах с безбалочными перекрытиями рабочие швы следует устраивать на уровне верха фундамента (сечение А—А) и у низа капителей (сечение Б—Б, рис. 9-14, в), в покрытиях по линии Г—Г примыкания к стенам (рис. 9-14, г).

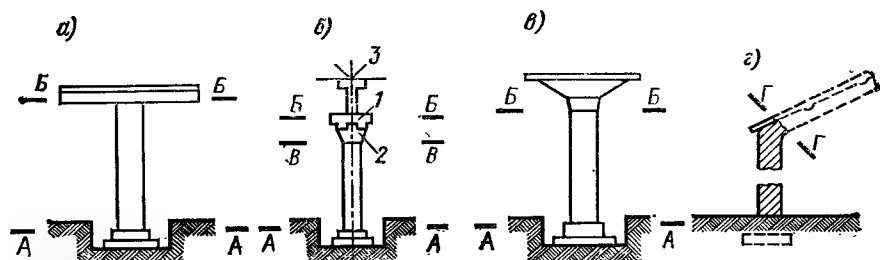


Рис. 9-14. Устройство рабочих швов в колоннах и рамах:
А—А, Б—Б, В—В, Г—Г — положения рабочих швов

Балки и плиты, монолитно связанные с колоннами и стенами, бетонируют не ранее чем через 1—2 ч после окончания бетонирования колонн и стен. Такой перерыв необходим для осадки бетона, уложенного в колонны и стены.

Главные балки, прогоны и плиты перекрытий следует бетонировать одновременно, чтобы число рабочих швов было наименьшим. При высоте балок более 0,8 м их бетонируют отдельно от плит с устройством горизонтального рабочего шва на уровне низа плиты.

В густоармированные балки укладывают подвижную мелкозернистую бетонную смесь ($ОК=6\div 8$ см, $d_{\max}=20$ мм). Отдельные балки и прогоны нужно бетонировать непрерывно. Смесь загружают в опалубку из бадей, а уплотняют ее внутренними вибраторами.

Ребристые перекрытия бетонируют в направлении, параллельном главным или второстепенным балкам (прогонам), принимая наименьший фронт бетонирования. Смесь подают в несколько точек по фронту. Наилучшим образом этому условию отвечает подача смеси краном. Подавать бетон нужно навстречу бетонированию. При наличии двойного армирования плит и малом диаметре арматуры во избежание ее деформирования поверху сеток укладывают легкие переносные щиты (рис. 9-15).

Смесь в плитах уплотняют площадочными вибраторами при толщине плит до 0,25 м и внутренними при большей толщине. Особенно тщательно вибрируют бетон в местах примыканий плит к балкам и колоннам, а также в местах с густым армированием.

Плиты бетонируют по маякам. Поверхность их выравнивают и заглаживают гладилками и правилами. Рабочие швы в плоских плитах устраивают в любом месте, но обязательно параллельно их меньшей стороне. В ребристых же перекрытиях, бетонируемых параллельно второстепенным балкам, а также в отдельных балках рабочие швы устраивают в средней трети пролета этих балок (рис. 9-16, а).

При бетонировании в направлении, параллельном главным балкам, рабочий шов устраивают в пределах двух средних четвертей пролета главных балок и в середине плит (рис. 9-16, б). Рабочие швы должны быть вертикальными, для этого в плитах устанавливают доски, а в балках — щитки с отверстиями для пропуска арматуры.

Рамы рекомендуются бетонировать непрерывно. Если это сделать нельзя, то допускается устройство шва в сечении Г—Г (рис. 9-14, г). Бетонирование высоких (более 5 м) и густоармированных стоек ведут через окна или поярусно с наращиванием опалубки. Уплотняют смесь с помощью внутренних или навесных вибраторов.

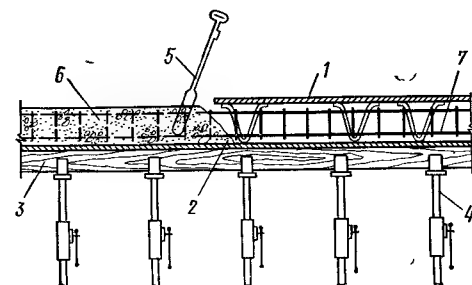


Рис. 9-15. Установка переносных щитов:
1 — переносной щит; 2 — опалубка плиты; 3 — прогон; 4 — телескопическая стойка; 5 — вибратор; 6 — уложенный бетон; 7 — арматура

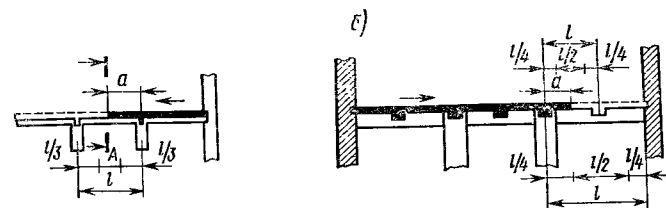


Рис. 9-16. Устройство рабочих швов в ребристых перекрытиях:
а — параллельно второстепенным балкам; б — параллельно главным балкам

§ 7. Бетонирование арок, сводов, куполов и оболочек

Для уменьшения усадок бетона и исключения его сползания при виброуплотнении для возведения арок и сводов применяют малоподвижные бетонные смеси с осадкой конуса 1—3 см и крупностью заполнителя до 30 мм.

Пологие двухшарнирные арки пролетами до 20 м бетонируют непрерывно с двух сторон — от пят к замку. При наличии третьего

шарнира бетонируют одновременно обе полуарки от опор к среднему шарниру (рис. 9-17, а, б).

Арки пролетами более 20 м с большими сечениями бетонируют участками. Для двухшарнирных арок количество таких участков должно быть нечетным, а для трехшарнирных — четным. Между участками оставляют разделительные полосы шириной 0,8—1,2 м. Укладывать смесь на каждом участке нужно непрерывно. Первыми бетонируют участки, прилегающие к опорам. Затем во избежание выпучивания опалубки в вершине арки бетонируют замковый участок. После этого укладывают бетонную смесь в рядовые уча-

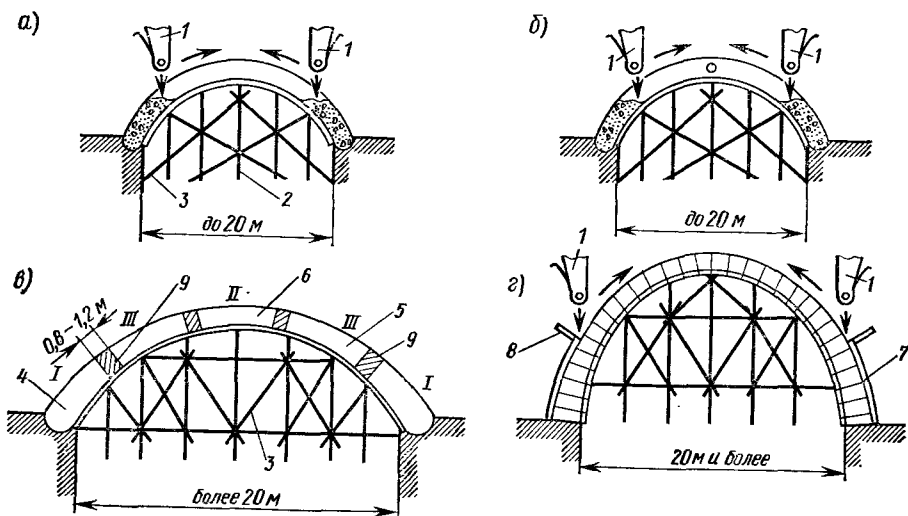


Рис. 9-17. Бетонирование арок:

а, б — бетонирование малопролетных арок; в, г — то же, пролетом более 20 м; 1 — бадья; 2 — стойка; 3 — подкос; 4, 5, 6 — участки бетонирования; 7 — наружная опалубка; 8 — направляющий щит; 9 — разделительная полоса

стки равномерно с двух сторон арки (рис. 9-17, в). Разделительные полосы бетонируют через 6—8 сут после того, как произойдет усадка бетона основных участков. Для разделительных полос применяют жесткую смесь ($OK=0\div 1$ см).

Приопорные участки крутых арок бетонируют в четырехсторонней опалубке, чтобы смесь не сползала при виброуплотнении (рис. 9-17, г). Смесь подают в бадьях, загружая ее в открытую опалубку сверху или в специальные окна при четырехсторонней опалубке. Уплотняют смесь внутренними вибраторами, а при густом армировании и большой высоте сечения арок — комбинированным способом, применяя внутренние и навесные вибраторы.

Затяжки арок, имеющие натяжные приспособления, бетонируют после раскручивания арок и подтягивания этих приспособлений. Жесткие затяжки омоноличивают одновременно с бетонированием арок.

Своды большой протяженности членят по длине на отдельные деланки с устройством рабочих швов, перпендикулярных образующей свода. При небольших пролетах (до 15 м) и малой толщине свода

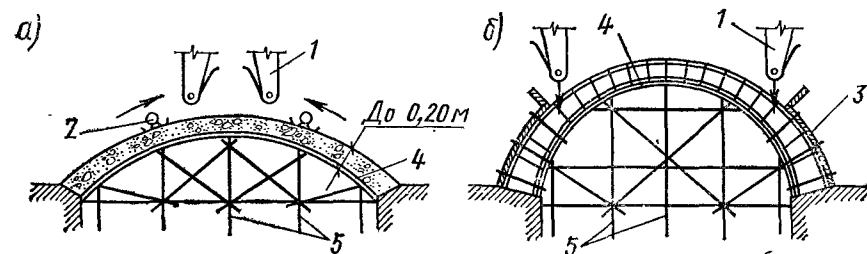


Рис. 9-18. Бетонирование сводов:

а — бетонирование пологих сводов; б — то же, крутых; 1 — бадья; 2 — виброрейка; 3 — наружная опалубка; 4 — внутренняя опалубка; 5 — поддерживающие стойки

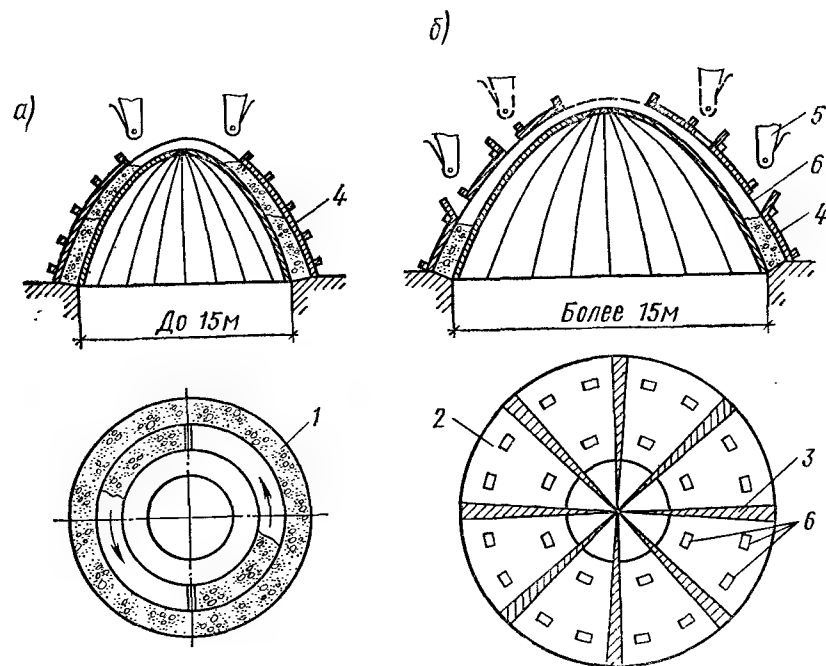


Рис. 9-19. Бетонирование куполов:

а — бетонирование малых куполов (разрезы и планы); б — то же, пролетом более 15 м; 1 — полоса бетонирования; 2 — участок-лепесток; 3 — разделительная полоса; 4 — наружная опалубка; 5 — бадья; 6 — окно для подачи бетонной смеси

(до 0,2 м) деланки бетонируют непрерывно, укладывая смесь полосами, параллельными образующей, одновременно с двух сторон от пят к замку.

Массивные своды пролетами более 15 м в пределах каждой деланки членят на нечетное количество участков, параллельных об-

разующей. Ширину разделительных полос между ними принимают равной толщине свода.

Бетонную смесь подают в бадьях, разгружая ее порциями в отдельных точках по фронту бетонирования. При толщине сводов до 0,35 м смесь уплотняют поверхностными вибраторами или виброрейками (рис. 9-18, а), в более массивных сводах — внутренними вибраторами.

При крутых сводах участки у опор во избежание сползания бетона при вибрировании бетонируют в двусторонней опалубке (рис. 9-18, б). Наружные щиты устанавливают по ходу бетонирования.

Небольшие купола бетонируют непрерывно два-три звена, работающие непрерывно. Укладывают смесь горизонтальными круговыми полосами без образования рабочих швов (рис. 9-19, а). Большие купола делят на участки «лепестки», образуя разделительные полосы между ними (рис. 9-19, б). Бетонируют купола, как правило, в двусторонней опалубке, наружные щиты которой устанавливают по ходу бетонирования.

Оболочки, четырехугольные в плане, бетонируют в односторонней опалубке полосами, параллельными наружным их граням, а круглые — концентрическими полосами. Уплотняют смесь вибрированием площадочными вибраторами, виброрейками или вакуумированием. Для малоподвижных смесей ($ОК=1\div 3$ см) применяют виброуплотнение, а более подвижные с осадкой конуса 4—6 см уплотняют вакуумированием.

§ 8. Рабочие швы

Непрерывное бетонирование хотя и обеспечивает лучшее качество конструкций, однако по технологическим и организационным причинам не всегда возможно, вследствие чего образование рабочих швов неизбежно.

Рабочим швом называют плоскость стыка между затвердевшим и новым (свежеуложенным) бетоном, образованную из-за перерыва в бетонировании. Рабочий шов образуется в том случае, когда последующие слои бетонной смеси укладывают на полностью затвердевшие предыдущие слои. Обычно это происходит тогда, когда перерыв в бетонировании составляет 5—7 ч и более.

Величина сцепления нового бетона со старым значительно ниже, чем монолита. Поэтому рабочий шов отличается от монолитного бетона не только по прочности, но и по другим характеристикам: он менее морозостоек, водонепроницаем и т. д. Кроме того, небрежно выполненные рабочие швы ухудшают внешний вид конструкции, а иногда и всего фасада.

Для уменьшения отрицательного влияния рабочих швов на конструкцию необходимо: во-первых, размещать их в местах, наименее опасных для прочности конструкций, и так, чтобы они не ухудшали внешний вид сооружения; во-вторых, допускаться только конструктивно оформленные рабочие швы; в-третьих, такие швы пе-

ред укладкой свежего бетона нужно соответствующим образом обработать.

Конструктивное оформление рабочих швов зависит от вида конструкций, их размеров и армирования. Для образования швов в плитах устанавливают доски, плоские щиты или щиты с уступом (рис. 9-20, а). Уступ делают для удлинения поперечной линии шва, что увеличивает его прочность и водонепроницаемость. С этой же целью вертикальные швы в стенах устраивают шпоночного или гребенчатого типа, а иногда с установкой металлической гофрированной полосы (рис. 9-20, б, в, г). Для маскировки горизонтальных швов на наружных поверхностях стен устраивают пазы или выступы.

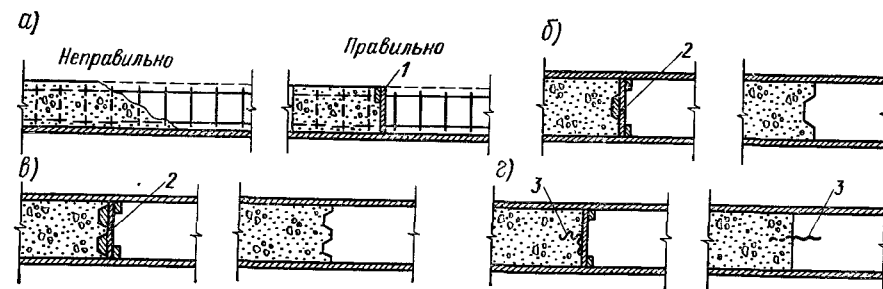


Рис. 9-20. Устройство рабочих швов:

а — в плитах; б, в, г — в стенах; 1 — доска; 2 — перегородка в опалубке стены; 3 — медная гофрированная полоса

Перед укладкой свежего бетона с поверхности шва удаляют рыхлые слои бетона и цементную корку, очищают его от грязи и мусора. Если поверхность затвердевшего бетона шва гладкая, ее насекают зубилами, скarpелью или с помощью отбойного молотка с последующей промывкой и продувкой сжатым воздухом.

Непосредственно перед укладкой нового бетона поверхность шва следует увлажнить, а также уложить слой жирного раствора на том же цементе, что и основной бетон. Все это способствует обеспечению высокой прочности и водонепроницаемости шва.

§ 9. Уход за бетоном

В процессе твердения в бетоне протекают реакции гидратации, в ходе которых минералы цемента, взаимодействуя с водой, образуют новые соединения. Обезвоживание бетона в ранние сроки в результате испарения может замедлить или прекратить процесс твердения и привести к недобору прочности, а также вызвать большие его усадки и растрескивание.

При относительной влажности не менее 90% и положительной температуре 20 (± 2)° длительность твердения бывает большей, поскольку вода проникает в зерна цемента постепенно.

Под уходом за бетоном понимают обеспечение нормальных температурно-влажностных условий для его твердения. Способы уxo-

да за бетоном зависят от вида конструкций, типа цемента, местных и климатических условий и т. п. За бетонами на медленно твердеющем цементе продолжительность ухода должна быть не менее 14 сут, на обычном портландцементе — 7 сут, на быстротвердеющем (глиноземистом) — 2—3 сут. Время ухода увеличивают при жаркой и сухой погоде.

Твердение бетона всегда сопровождается изменением его объема. В результате усадки, которая увеличивается при быстром высыхании бетона, на его поверхности появляются мелкие трещины. В массивных конструкциях образование трещин может быть вызвано также неравномерным разогревом в результате экзотермического тепловыделения. При обильном увлажнении бетона во время ухода снижается вероятность появления температурно-усадочных трещин.

Открытые поверхности свежесуложенного бетона укрывают мешковиной, рогожами, влажными опилками или песком и начинают увлажнять не позже чем через 10—12 ч, а в жаркую и ветренную погоду — через 2—3 ч после завершения бетонирования. Увлажнять бетон рекомендуется разбрызгиванием струи через распылитель. Недопустимо размывать свежесуложенный бетон сильной струей воды. Периодичность поливки днем и ночью должна обеспечивать постоянное влажное состояние бетона. В жаркую ветреную погоду поливать бетон водой надо не реже чем через 1,5—2 ч, в пасмурную — через 3 ч и не менее двух-трех раз за ночь. Меньше требуется увлажнять бетонные поверхности, находящиеся в опалубке. При снятии опалубки поливают также и распалубленные поверхности бетонных конструкций.

Особо тщательно следует увлажнять узлы и грани конструкций: они быстрее теряют влагу, что приводит к появлению трещин и даже выколам.

Конструкции с большими открытыми поверхностями (например, полы и автодороги) с целью сохранения в них влаги покрывают пленкообразующими составами (лак «этиноль», битумная эмульсия) или полиэтиленовой пленкой. Следует помнить, что такие конструкции теряют влагу не только через верхние открытые поверхности, но также и в результате отсоса ее основанием. Поэтому их увлажнять нужно особенно часто и тщательно. При температуре ниже +5° бетон не поливают.

Помимо увлажнения свежесуложенный бетон следует защитить от размыва дождем, выветривания, а также от сотрясений и деформаций, от размыва грунтовыми водами. Если эти воды агрессивны, необходимо исключить не только размыв, но и соприкосновение с ними бетона.

Хождение людей по забетонированным конструкциям, а также установка на них лесов и опалубки разрешается не раньше того времени, когда бетон наберет прочность 15 кгс/см².

Мероприятия по уходу за бетоном, их продолжительность и периодичность отмечают в журнале бетонных работ.

§ 10. Распалубливание конструкций

В комплексном технологическом процессе по возведению монолитных конструкций съем опалубки (распалубливание) является одной из важных и трудоемких операций. При конструировании и установке опалубки необходимо предусматривать, чтобы ее можно было снять легко и просто.

Распалубливание конструкции следует производить аккуратно, с тем чтобы обеспечить сохранность опалубки для повторного применения, а также избежать повреждений бетона. Распалубливание начинают после того, как бетон наберет необходимую прочность. Не следует задерживать снятие опалубки, так как это снижает ее оборачиваемость.

Снимать боковые элементы опалубки, не несущие нагрузок, можно лишь после достижения бетоном прочности, обеспечивающей сохранность углов, кромок и поверхностей. Боковые щиты фундаментов, колонн, стен, балок и ригелей снимают через 8—72 ч. Эти сроки устанавливают на месте в зависимости от вида цемента и температурно-влажностного режима твердения бетона.

Несущие элементы опалубки снимают после достижения бетоном прочности, обеспечивающей сохранность конструкций. Эта прочность при фактической нагрузке менее 70% от нормативной составляет: для плит пролетом до 3 м и несущих конструкций пролетом до 6 м — 70%, для конструкций с пролетами более 6 м и конструкций с напрягаемой арматурой — 80% от проектной. Если фактическая нагрузка более 70% нормативной, несущую опалубку снимают после того, как бетон таких конструкций наберет проектную прочность.

Если конструкции армированы жесткими несущими каркасами, снимать боковую и несущую опалубку разрешается тогда, когда прочность бетона достигнет 25% от проектной. Удалению несущей опалубки должно предшествовать плавное и равномерное опускание поддерживающих лесов — раскружаливание. Для этого опускают опорные домкраты, ослабляют парные клинья или выпускают песок из опорных цилиндров под стойками. Запрещается рубить или спиливать нагруженные стойки. Опоры, поддерживающие опалубку балок, прогонов и ригелей, опускают одновременно по всему пролету.

Опорные стойки, поддерживающие опалубку междуэтажных перекрытий, находящихся непосредственно под бетонируемыми, удалять не разрешается. Стойки опалубки нижележащего перекрытия можно удалять лишь частично. Под всеми балками и прогонами этого перекрытия пролетом 4 м и более рекомендуется оставлять так называемые стойки безопасности на расстоянии одно от другой не более чем 3 м. Опорные стойки остальных нижележащих перекрытий разрешается удалять полностью лишь тогда, когда прочность бетона в них достигла проектной.

Несущую опалубку удаляют в два, три приема и более в зависимости от пролета и массы конструкции. При этом визуальнo, а

иногда с помощью геодезических приборов наблюдают за состоянием распалубливаемой конструкции.

Особенно осторожно нужно распалубливать своды, арки, купола и другие тонкостенные и большепролетные конструкции. Перед раскручиванием арок и сводов с затяжками обязательно затягивают натяжные муфты. Раскручивают арки и своды начинают от замка и ведут к опорным пяткам. Съем опалубки куполов, перекрытий круглых резервуаров и воронок бункеров ведут концентрически

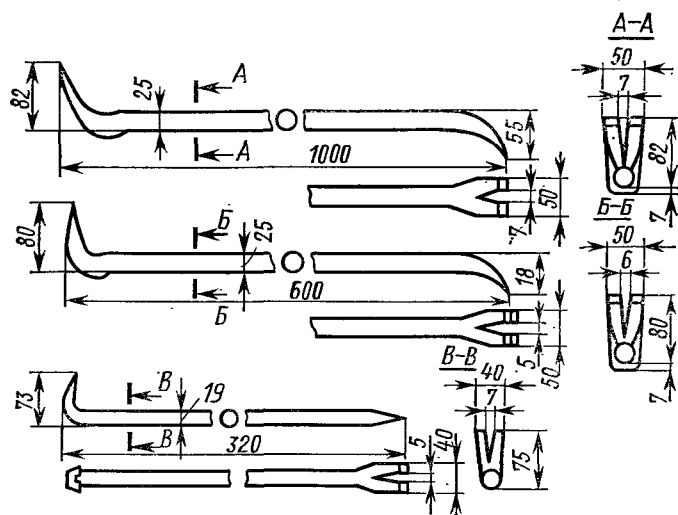


Рис. 9-21. Комплект ломиков для снятия опалубки

скими рядами и в направлении от центра к периметру. При этом опоры, расположенные в одном концентрическом ряду, рекомендуются опускать одновременно.

Для снятия опалубки применяют кусачки, рычажные ножницы, гаечные ключи, кувалды и комплект ломиков (рис. 9-21).

При съеме опалубки с фундаментов и стен сначала обрезают стяжные болты или проволоочные скрутки; первые — газовой сваркой, а вторые — с помощью рычажных ножниц. Далее снимают схватки и ребра, после чего ломиками отрывают от бетона отдельные щиты. При распалубливании колонн удаляют нижние рамки и обрамляющие бруски у прогонов, снимают хомуты и отрывают щиты.

Распалубливать плиты перекрытий начинают с удаления подкружальных досок и кружал. Два-три снятых кружала укладывают на леса под плитой для предотвращения падения опалубочных щитов перекрытия.

Крупнощитовую опалубку массивов, стен и фундаментов снимают кранами с помощью специальных рычажных приспособлений (рис. 9-22). Для съема опалубочных панелей при их двухъярусном

расположении (рис. 9-22, а) угол штанги 1 через ролик 8 упирают в стальную пластину 4 верхней панели. При этом конец короткого плеча рычага давит на прогон нижней панели 3 и отрывает ее от бетона. Оторванную панель переставляют краем в новое положение.

Для съема одноярусных опалубочных панелей (рис. 9-22, б) ролик 8 рычажного приспособления упирают в стальную пластину 4, врезанную в палубу панели. Обойма 2 упирается в прогон. При повороте рычага в положение II опалубочная панель отрывается от бетона.

Следует иметь в виду, что несмазанная опалубка, имеющая щели между отдельными досками и щитами, прочно сцепляется с бетоном и для ее удаления нужны большие усилия.

Перед повторным использованием элементы опалубки очищают от бетона и ремонтируют. Формующие поверхности щитов покрывают специальными смазками.

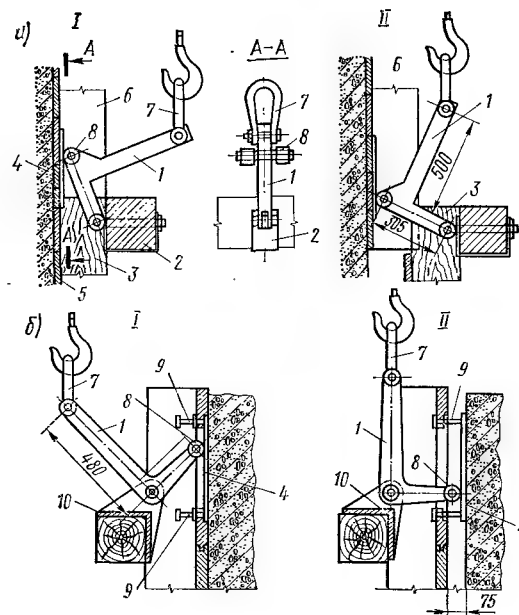


Рис. 9-22. Рычажное приспособление для снятия крупнощитовой опалубки:

а — Т-образный рычаг; б — то же, Г-образный; 1 — штанга; 2 — горизонтальный упорный прогон; 3 — вертикальное ребро; 4 — стальная пластина; 5 — палуба; 6 — ребро верхнего щита; 7 — петля; 8 — опорный ролик; 9 — винт; 10 — обойма

§ 11. Исправление дефектов бетонирования. Обработка бетонных поверхностей

После распалубливания монолитные конструкции осматривают и исправляют дефекты бетонирования. Мелкие неровности и наплывы бетона на стенах, колоннах и балках срубают вручную или пневматическими зубилами с последующей затиркой неровностей цементным раствором состава 1:2—1:2,5.

Открытые бетонные поверхности с мелкими раковинами, не имеющие ноздреватости, после расчистки и смачивания водой затирают цементным раствором. Крупные раковины, образовавшиеся в результате плохого вибрирования или утечки цементного молока (рис. 9-23), расчищают на всю глубину. Весь рыхлый бетон вырубает отбойными молотками с последующей продувкой сжатым воздухом и промывкой водой. Если позволяют размеры раковины,

устанавливают опалубку с козырьком для укладки бетона и бетонируют.

Для заделки раковин применяют мелкозернистый бетон той же марки по прочности или даже на одну ступень выше. Бетонную смесь укладывают с тщательным уплотнением.

Замазывать крупные раковины цементным раствором категорически запрещается, так как это не устраняет дефекта, а только скрывает его. Крупные раковины в несущих конструкциях существенно ослабляют их. Исправляют такие дефекты торкретированием после тщательной расчистки и удаления рыхлого бетона.

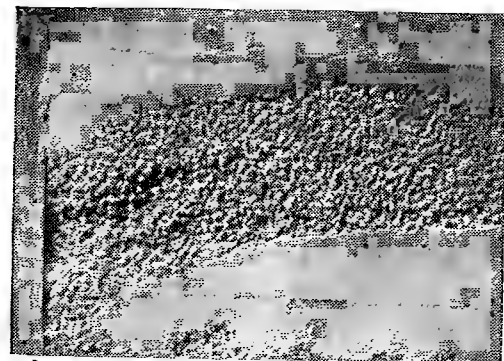


Рис. 9-23. Раковина в бетоне, образованная в результате недоуплотнения

При исправлении дефектов в плитах, полах или балках вырубать ослабленный бетон следует по форме ласточкина хвоста (рис. 9-24, а), с тем чтобы набетонка лучше удерживалась в основном бетоне.

Конструкции, воспринимающие гидростатический напор грунтовых вод, могут течь из-за наличия

в бетоне скрытых пустот и раковин вследствие плохого виброуплотнения бетонной смеси или некачественной подготовки рабочих швов. Устраняют течь нагнетанием (инъекцией) жирного цементного раствора (молока) внутрь конструкции через перфорированные трубки диаметром 20—30 мм. Для этого в местах дефектов бурят шпury, вставляют в них стальные трубки, один конец которых имеет перфорацию, а другой — резьбу, и зачеканивают их в шпуре раствором на быстросхватывающемся цементе. После того как раствор зачеканки наберет нужную прочность, через трубки с помощью винтового шприца нагнетают раствор на безусадочном или расширяющемся цементе.

При грубых нарушениях технологии могут быть весьма серьезные дефекты: недостаточная прочность бетона или слоистое строение его, сквозные раковины больших размеров и т. п. Поскольку исправить такие дефекты практически невозможно, сильно дефектные конструкции разбирают или соответствующим образом усиливают.

Для получения прочных и красивых бетонных поверхностей, которые не требуется штукатурить или облицовывать, необходимы, как известно, чистые и высококачественные материалы, эффективная технология и квалифицированные исполнители. Обработанные соответствующим образом поверхности железобетонных сооружений могут быть достаточно выразительными и приятными на вид.

Опалубка оказывает большое влияние на качество и внешний вид бетонных поверхностей. Правильно выполненная дощатая опалубка может дать красивую бетонную поверхность. Для смазки опалубки необходимо использовать светлые эмульсии. Иногда кромки досок со стороны, обращенной к бетону, сострагивают на 3—5 мм. В этом случае на поверхности бетона образуется руст, улучшающий внешний вид конструкции. Для получения гладкой малопористой поверхности бетона опалубку обшивают влагопоглощающим картоном, фанерой или тонкими древесностружечными плитами.

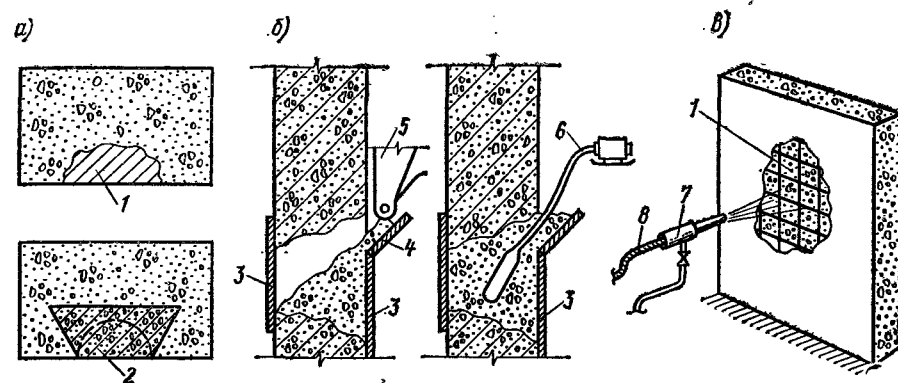


Рис. 9-24. Исправление дефектов бетонирования:

а — в плитах б, в — в стенах; 1 — раковина; 2 — вырубка по форме ласточкина хвоста; 3 — опалубка; 4 — лоток; 5 — бадья; 6 — вибратор; 7 — сопло; 8 — шланг

Шероховатую однотонную поверхность можно получить после обработки бетона с помощью электрических или пневматических отбойных молотков с рабочими наконечниками в виде бучарды или шарошки. При этом на наружных углах рекомендуется оставлять узкие необработанные полосы во избежание скалывания бетона. Обработка таким способом может скрыть небольшие дефекты бетонирования (раковины, пористость); а также замаскировать рабочие швы.

Красивый вид могут иметь бетонные поверхности с обнаженным крупным заполнителем (гравием). Получают их обработкой не полностью затвердевшего бетона стальными щетками с последующей промывкой струей воды под давлением.

Обнажить заполнитель можно применением специальных смазок для опалубки, в состав которых входят замедлители схватывания цемента. В этих случаях тонкий наружный слой несхватившегося раствора смывают струей воды до обнажения гравия.

Поверхности из высокопрочных декоративных бетонов шлифуют. Так обрабатывают, например, мозаичные полы. За рубежом способом шлифования обрабатывают также стены, пилястры, цоколи зданий.

§ 12. Охрана труда

К выполнению работ по укладке бетона, его виброуплотнению, распалубке, к исправлению дефектов и обработке бетонных поверхностей допускают рабочих, прошедших специальное обучение. Бетонщики, работающие с вибраторами, должны периодически проходить медицинские осмотры.

Перед укладкой бетонной смеси на высоте более 1,5 м настилы и подмости нужно оградить перилами.

Рукоятки вибраторов должны иметь амортизаторы, электропровода, питающие вибраторы — надежную резиновую изоляцию; устройства для включения вибраторов должны быть только закрытого типа. Бетонщики, работающие с электровибраторами, должны быть обуты в резиновые сапоги и иметь резиновые перчатки.

Во избежание аварий распалубливание конструкций можно начинать только с разрешения производителя работ. Перед съемом несущей опалубки нужно получить заключение строительной лаборатории о фактической прочности бетона.

Раскручивать конструкции следует медленно, плавно и в порядке, предусмотренном ППР. Элементы опалубки при разборке следует опускать, сортировать и складировать в отведенных для этого местах. Из досок необходимо удалять торчащие гвозди. Проемы и отверстия, оставленные при бетонировании в плитах и перекрытиях, следует ограждать или закрывать временными щитами.

Исправлять дефекты и обрабатывать бетонные поверхности на высоте до 5,5 м следует с приставных лестниц или переносных подмостей с ограждениями. При большой высоте для этих целей устраивают леса из типовых элементов. В тех случаях, когда невозможно установить стандартные леса или подмости, бетонщики, работающие на высоте, должны обязательно крепиться предохранительными поясами к надежным опорам.

ГЛАВА 10

БЕТонирование конструкций жилых и гражданских зданий в переставных опалубках

§ 1. Общие положения

Способы бетонирования выбирают с учетом конструкций зданий, объема укладываемого монолитного железобетона, необходимой интенсивности возведения монолитных зданий, повторяемости монолитных конструкций и серий зданий. Все средства механизации необходимо увязать в общем технологическом потоке и сбалансировать по производительности.

Выбор тех или иных средств механизации во многом зависит от применяемой системы опалубки. Если монтаж и демонтаж опалубки ведется вручную и процесс этот растягивается во времени, экономически невыгодно и нецелесообразно применять такие, напри-

мер, высокопроизводительные средства подачи бетонной смеси, как бетононасосы, монтаж арматуры крупноразмерными каркасами или сетками, для подачи и установки которых потребуются такие краны, которые невозможно использовать при монтаже опалубки, и т. д.

При высоких темпах строительства и больших объемах бетона целесообразно применять крупноразмерные индустриальные типы опалубки, высокомеханизированные средства подачи, распределения и укладки бетонной смеси и т. д. В этих случаях становится необходимым применять ускоренные методы твердения бетона и зачистую прогревать бетон даже в летнее время года. По этим соображениям нередко оказывается целесообразным выполнять часть конструкций в сборном варианте, если бетонирование их на месте значительно удлиняет сроки строительства, требуются большие удельные трудовые затраты, чем на выполнение основных несущих конструкций.

Тип конструкций и варианты сочетания монолитного и сборного исполнения выбирают после просчета технологических и конструктивных вариантов при проектировании зданий и технологии их возведения, а также проверяют варианты на стадии подготовки строительства и экспериментального возведения зданий.

В крупнощитовой опалубке можно возводить здания с монолитными или сборными наружными стенами, со сборными же или с монолитными перекрытиями. Внутренние стены могут иметь различную длину и расположение в зависимости от требуемой планировки помещений.

Примером свободной планировки сборно-монолитного здания, возводимого в крупнощитовой опалубке, может служить планировка типового этажа 16-этажного общежития студентов (рис. 10-1), построенного в Вильнюсе (проект Института проектирования городского строительства Госстроя Литовской ССР). Из монолитного железобетона выполнены поперечные несущие стены, лифтовые шахты и лестничные клетки. Наружные стены смонтированы из сборных офактуренных панелей; сборными являются также перекрытия и балконные плиты. Внутренние стены бетонировались после монтажа панелей наружных стен по всему периметру и установки опалубки. При этом панели торцовых стен прикреплялись болтами к внутренней опалубке и служили опалубкой для конструктивного монолитного железобетона. Сборные перекрытия монтировались после демонтажа опалубки, установки перегородок и санитарных узлов.

Для зданий, возводимых в объемно-переставной опалубке, характерна четкая сотовая структура, образуемая монолитными стенами и перекрытиями. Фасадные части здания при бетонировании перекрытий и внутренних стен обычно оставляют открытыми для извлечения опалубки. Затем снаружи навешивают сборные панели. Перегородки монтируют из сборных панелей.

Наиболее проста конструкция зданий, возводимых в объемно-переставной опалубке с поперечными несущими стенами и монолитными перекрытиями. Для увеличения несущей способности зда-

ний и повышения продольной устойчивости предусматривают одну или две продольные стены, образующие коридор. Продольные стены могут быть как сплошные по всей длине здания, так и прерываемые по длине дисками жесткости.

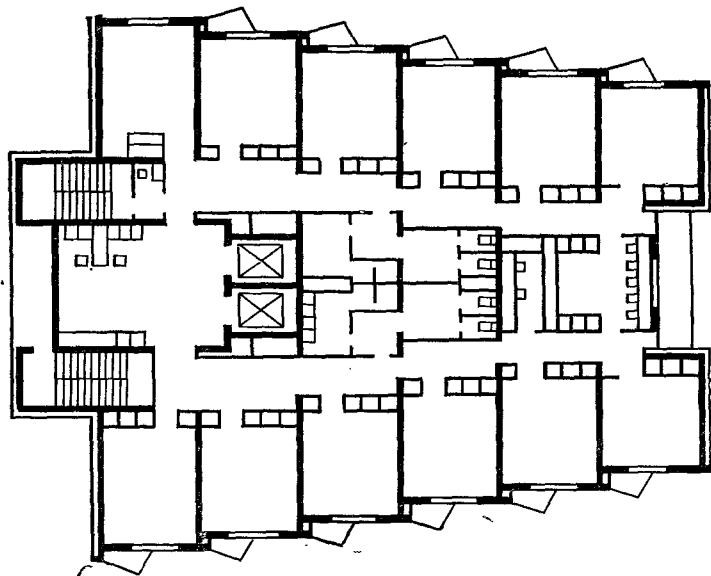


Рис. 10-1. План типового этажа общежития студентов, построенного в крупнощитовой опалубке в Вильнюсе

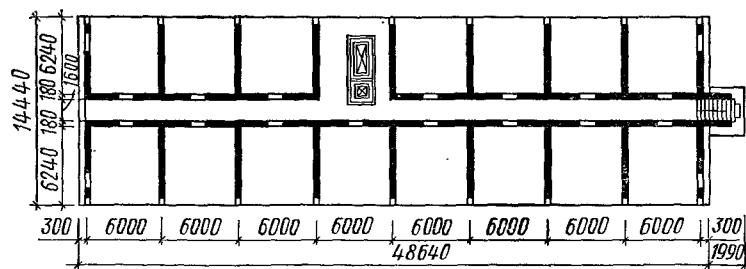


Рис. 10-2. План типового этажа 22-этажного здания, построенного в Ленинграде

Конструктивная схема сооружений с монолитными поперечными несущими и двумя коридорными стенами наиболее целесообразна для зданий гостиничного типа. Примером такого решения могут служить 22-этажные жилые здания, возведенные из монолитных конструкций в Ленинграде (рис. 10-2). Поперечные несущие стены толщиной 20 см расположены с одинаковым шагом, равным 6 м; две монолитные продольные стены толщиной 18 см образуют кори-

дор шириной 1,6 м. Торцовые стены выполнены из конструктивного железобетона и облицованы навесными панелями, которые служили опалубкой для монолитного бетона. По фасаду здания после извлечения опалубки были навешаны сборные панели (рис. 10-3).

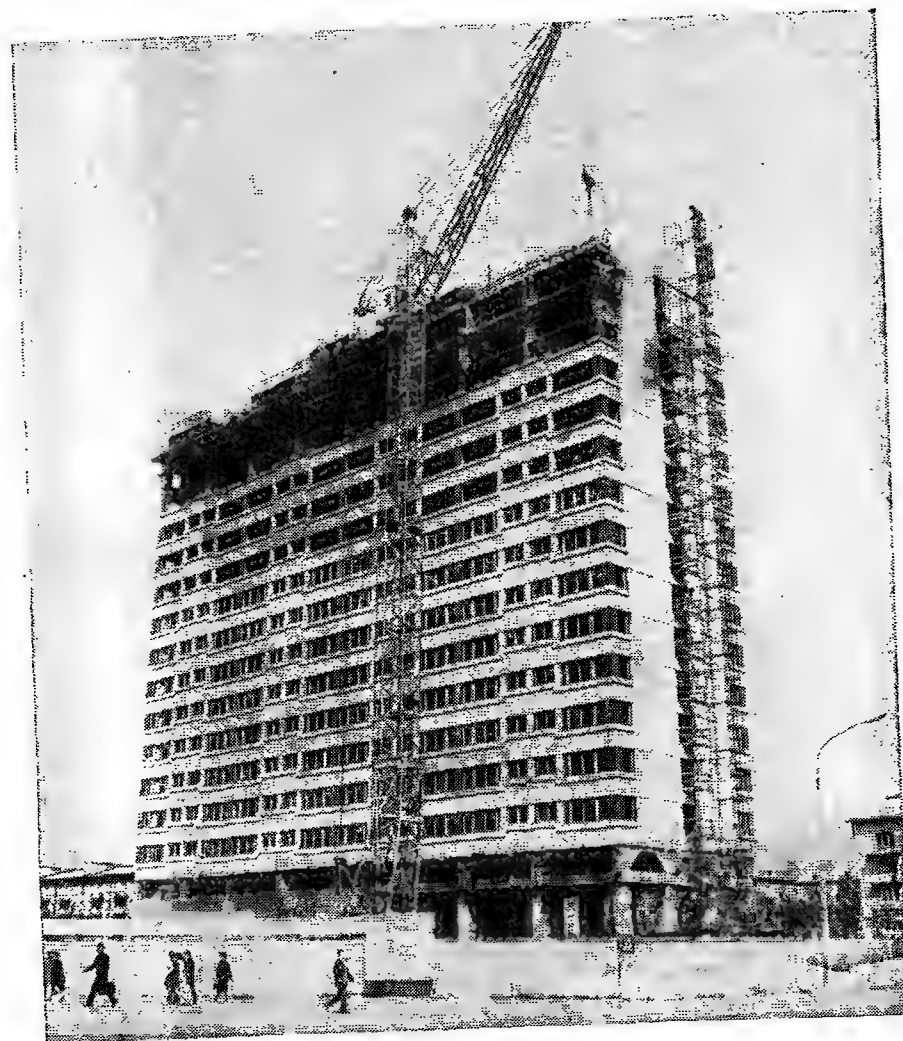


Рис. 10-3. Возведение 22-этажного сборно-монолитного здания в Ленинграде

Возможность смещения железобетонных туннелей в плане и расположения их под различными углами позволяет разнообразить объемно-планировочные решения. На рис. 10-4 показан план торцевой секции типового этажа 9-этажного жилого здания, построенного в объемно-переставной опалубке в Ростове-на-Дону по проекту

Киевского ЗНИИЭПа. Здание состоит из трех блок-секций. Из монолитного железобетона выполнены несущие продольные и поперечные стены, лестничные клетки перекрытия и лифтовые шахты. Торцовые и фасадные стены смонтированы из навесных панелей. Монолитные железобетонные туннели, бетонируемые в объемно-переставной опалубке, ориентированы в разные стороны, что позволило разнообразить планировку помещений, несмотря на использование

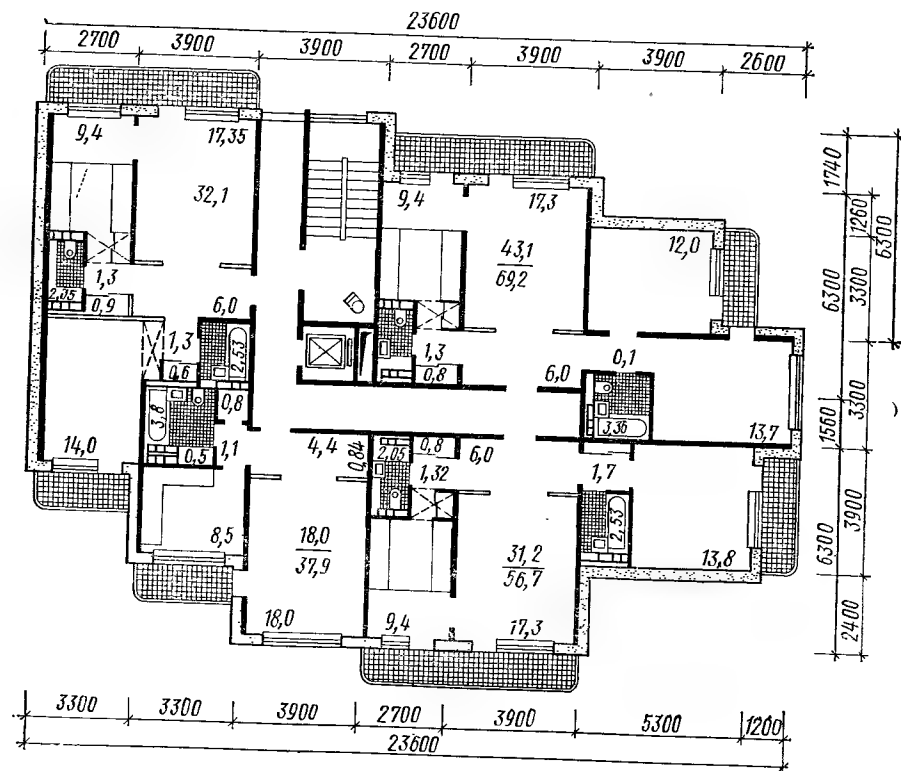


Рис. 10-4. План торцевой секции типового этажа 9-этажного здания, построенного в Ростове-на-Дону в объемно-переставной опалубке (проект Киевского ЗНИИЭПа)

объемно-переставной опалубки. Продольные и поперечные стены, образующие коридоры, бетонировались с использованием коридорных секций объемно-переставной опалубки.

При бетонировании этаж здания разбивают на захватки, величина которых зависит от требуемой скорости бетонирования, наличия опалубки, механизмов и определяется технологическим проектом.

Величину захватки следует назначать, исходя из условия окончания всех работ по ней в течение одних суток. Прогрев бетона ведут во вторую и третью смены, когда на площадке остаются де-

журные слесари, электрики и работники строительной лаборатории. При прогреве бетона с помощью электрического тока в ночную смену можно использовать дополнительные электрические мощности.

Наиболее оптимальна по размерам захватка, равная площади этажа в 220—240 м². При бетонировании зданий небольшой протяженности их обычно разбивают на две захватки по площади этажа с темпом бетонирования один этаж за двое суток.

При использовании объемно-переставной опалубки на площади, непосредственно примыкающей к бетонируемой захватке, устанавливают дополнительный «туннель» опалубки, который не перемонтируется при перестановке опалубки на соседнюю захватку, а при разбивке этажа на две захватки переставляется краном только по вертикали (с этажа на этаж).

§ 2. Монтаж опалубки

Крупнощитовая и крупноблочная опалубки. Перед началом работ должны быть произведены геодезические работы с разбивкой осей и мест монтажа.

Основание, на которое устанавливают щиты опалубки, должно иметь ровную горизонтальную поверхность, тщательно выверенную по отметке, чтобы при монтаже опалубки обеспечить получение точных размеров отметки вышележащего перекрытия и сохранить проектные размеры высоты этажа помещения.

Монтаж щитов опалубки ведут краном согласно разметке, нанесенной на перекрытии этажа. После этого с помощью винтовых домкратов, установленных на подкосах щитов, устанавливают щиты в проектное положение, а при необходимости — дополнительные подкосы, которые закрепляют к перекрытию, чтобы предотвратить опрокидывание щита от случайных ударов. Аналогично по длине стен устанавливают соседние щиты, которые соединяют между собой замками. Затем устанавливают нижний ряд стяжек, на которые надевают защитные трубки. Таким путем монтируют опалубку с одной стороны стены.

Перед монтажом противостоящих щитов монтируют закладные детали, устанавливают электрическую и другие разводки, если их нужно закрепить на опалубке, устанавливают проемообразователи. Если закладные и разводки должны быть закреплены на арматуре, арматуру целесообразно смонтировать перед монтажом второй стороны опалубки стен. После выполнения этих работ в щиты опалубки другой стороны стены заводят нижние стяжки и устанавливают верхний ряд стяжек-струбцин.

Сравнительные технико-экономические показатели применения переставных опалубок приведены в табл. 10-1.

После объединения противостоящих панелей опалубки ее окончательно выверяют и рихтуют с помощью винтовых домкратов. Разрывы в подмостях соседних щитов должны быть перекрыты щитами настила и ограждений и объединены в единые подмости вдоль

Таблица 10-1

Показатели переставных опалубок

Вид опалубки	Масса опалубки, кг/м²	Стоимость опалубки, руб/м²	Оборачиваемость, цикл	Трудоемкость опалубочных работ чел-ч/м²	Качество поверхности бетона
Объемно-переставная	90	45	300	0,15	Хорошее
Крупнощитовая	80	32	300	0,2	»
Разборно-переставная	70	30	100	0,6	Невысокое

всей линии опалубки. На подмости устанавливают стремянки для прохода людей.

Щиты опалубки наружных стен монтируют до или после монтажа щитов внутренней опалубки. Хотя монтаж наружных щитов до установки внутренних сложнее в исполнении, однако после их установки можно заложить утеплитель, закладные детали и т. д.

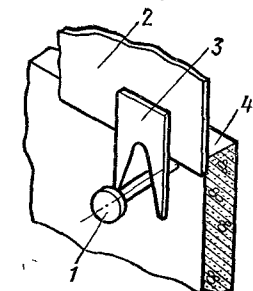


Рис. 10-5. Монтаж опалубки наружных стен:

1 — несущий установочный болт; 2 — наружный щит опалубки; 3 — пластина с конусным ловителем; 4 — забетонированная стена нижележащего этажа

При многослойных наружных стенах утеплитель (а также разводку и закладные детали) целесообразно закреплять на внутреннем щите опалубки перед его установкой.

Для монтажа наружных щитов опалубки в стене нижележащего этажа оставляют отверстия, в которые пропускают болты с опорной пяткой (рис. 10-5). В нижней части щитов опалубки наружных стен устанавливают конусные ловители, которые при опускании щитов краном должны входить в болты, опорные пятки которых оказываются с наружной стороны щитов.

После затягивания болтов низ щитов прижимается к забетонированной стене, верх щитов закрепляют стяжками-струбцинами.

Щиты наружных стен можно монтировать также с помощью консольных подмостей (см. рис. 2-18), навешиваемых на стену забетонированного этажа. В этом случае после установки и закрепления щита на перекрытии с помощью дополнительных подкосов устанавливают и закрепляют на щите нижний ряд тяжей.

При монтаже краном нижнюю опорную часть щита опирают на тали и со стороны перекрытия подтягивают к внутреннему щиту. После этого устанавливают и закрепляют на щитах верхний ряд струбцин. Окончательно закрепляют щит и проверяют крепления с консольных подмостей.

Если наружные стены монтируют из сборных навесных панелей, их используют в качестве опалубки конструкционного бетона. Сборные панели выполняют самонесущими с утеплителем. Их можно

изготавливать из легкого бетона или многослойными с наружной облицовкой и слоем утеплителя, расположенным внутри. В этом случае сборные панели после монтажа крепят к крупнощитовой опалубке стяжными болтами. При такой схеме панели нужно рассчитывать на восприятие давления бетонной смеси при бетонировании.

Опалубку лестничных клеток и лифтовых шахт устанавливают аналогично. Внутреннюю опалубку ставят на подмости, которые устраивают внутри шахт с опиранием на закладные детали, устанавливаемые в стене. В качестве внутренней опалубки лифтовых шахт целесообразно использовать блочную.

Крупноразмерную опалубку перекрытий монтируют краном после снятия опалубки стен. Предварительно размечают перекрытие и стены с нанесением рисок для установки опалубки в плане и отметки низа. С помощью винтовых домкратов производят точную установку по отметке с выверкой горизонтальности. Винтовые домкраты последовательно поднимают опалубку, начиная от крайних граней. Между стеной и установленной опалубкой вставляют прокладки, перекрывающие зазоры и обеспечивающие получение прямых углов сопряжения стен с перекрытием. При бетонировании перекрытий одновременно со стенами устанавливают прокладки или откидные вставки между щитовой опалубкой стен и перекрытий.

Объемная переставная опалубка. Возведение зданий в объемно-переставной опалубке (табл. 10-2) позволяет по сравнению с панельным строительством на 20—25% снизить капиталовложения, общую стоимость и трудоемкость работ при увеличении на 25—30% трудоемкости на строительной площадке.

Таблица 10-2

Технико-экономические показатели 9-этажных жилых зданий панельных и монолитных, возводимых в объемно-переставной опалубке

Показатели	Панельные дома, %	Сборно-монолитные здания в объемно-переставной опалубке (наружные стены — панельные), %
Суммарные капиталовложения	100	70—75
В том числе в основные производственные фонды строительным организациям	100	120—125
Нормативная трудоемкость	100	98—100
В том числе работ, выполняемых на строительной площадке	100	128—130
Расход важнейших материалов:		
сталь	100	90—92
цемент марки 400	100	105—108
Стоимость строительных работ	100	95—98
Приведенные народнохозяйственные затраты	100	90—98

Для повышения точности установки опалубку монтируют после бетонирования маяков стен (нижней части стен высотой 15—20 см). Маяки бетонируют одновременно с возведением нижележащего этажа. Опалубку закрепляют к основной секции (рис. 10-6) или к бетонным вставкам, установленным в стены. Применяют также сборные ленточные маяки, устанавливаемые в стеновую опалубку при бетонировании нижнего этажа. Опалубку маяков нужно тщательно выверять, поскольку ее положение определяет точность бетонирования последующих этажей, соосность стен и отметку перекрытия.

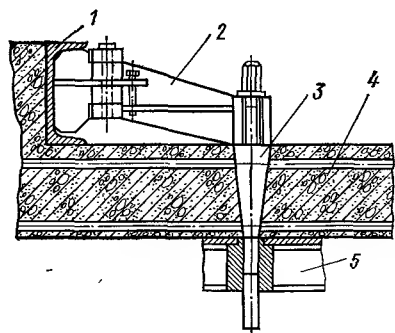


Рис. 10-6. Бетонирование маяков:
1 — опалубка маяка; 2 — кронштейн;
3 — конусная опора; 4 — перекрытие;
5 — секция опалубки

При использовании опалубки, устанавливаемой на рельсовые пути, монтировать последние нужно особенно тщательно с точной выверкой по проектным размерам. Пути жестко фиксируют к перекрытию.

Перед монтажом секций опалубки вдоль фасада здания (при использовании для монтажа наружных щитов консольных подмостей) и вдоль торцовых стен навешивают подмости. Последние монтируют краном. Нижнюю

опорную часть их опирают на перекрытие, оттяжки закрепляют к стенам, для чего используют отверстия, оставшиеся в стене после извлечения стяжных болтов.

Точную установку и рихтовку подмостей ведут с помощью домкратов, установленных на нижней опоре, и регулированием длины оттяжек. Во всех случаях по периметру этажа устанавливают ограждения.

Секции опалубки монтируют на перекрытие краном, перекатывают вручную в проектное положение и закрепляют на рельсовых путях. С помощью домкратов устанавливают в рабочее положение боковые щиты и горизонтальный. Аналогично устанавливают остальные секции (рис. 10-7).

Секции опалубки после выверки в проектном положении соединяют между собой, образуя туннель опалубки. Они должны быть собраны и выверены по проектным размерам на заводе-изготовителе. Перед монтажом опалубки после нескольких оборотов производят контрольную проверку геометрических размеров с необходимой корректировкой. В этом случае при установке боковых и горизонтального щитов секции не требуется трудоемкая подгонка их на месте бетонирования. После установки одного туннеля опалубки в проектное положение боковые щиты опалубки смазывают с помощью пистолета-распылителя: сжатый воздух подается от компрессора. Смазку нужно наносить равномерным слоем по всей поверхности.

После монтажа одного туннеля опалубки монтируют арматуру, закладные детали, электротехническую и другие виды разводки. Устанавливают также проеомобразователи, а в наружных стенах — столярные изделия, которые закрепляют к арматуре или опалубке. После этого в отверстия втулок опалубки пропускают стяжные болты и надевают на них защитные трубки. Длина трубок (вместе с муфтами) точно соответствует толщине стен. Затем монтируют соседний туннель опалубки секциями, последовательно, начиная с крайней.

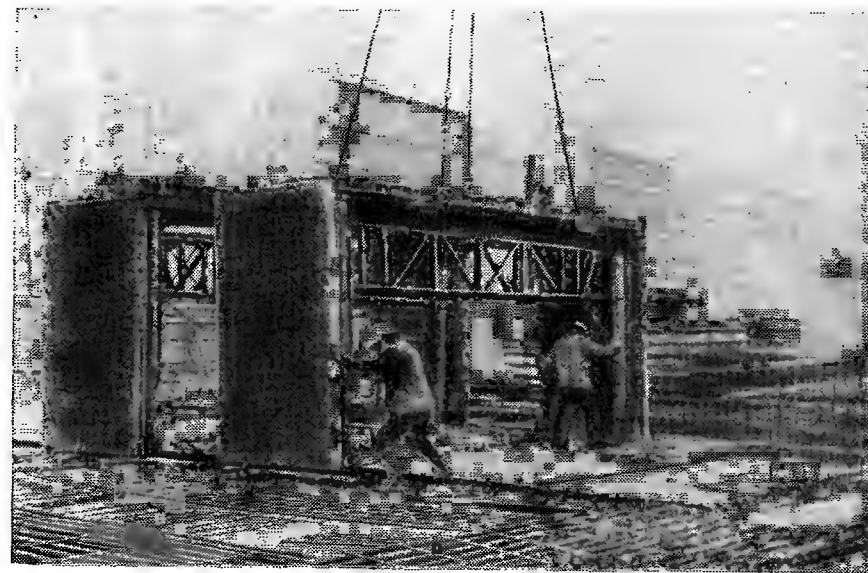


Рис. 10-7. Монтаж секций опалубки на рельсовых путях

После установки на пути и перекатывания в рабочее положение крайней секции ее закрепляют на рельсовых путях, боковые и горизонтальные щиты приводят в рабочее положение. Далее устанавливают стяжные болты и секцию закрепляют к ранее установленному туннелю опалубки. Аналогично устанавливают все секции туннеля, а затем опалубку торцов стен и перекрытий; по периметру смонтированной опалубки устанавливают ограждения. Перед бетонированием устанавливают на опалубке электрическую разводку (рис. 10-8). Захватка, подготовленная для бетонирования, показана на рис. 10-9.

Если в качестве опалубки торцовых стен используют панели, их монтируют краном и закрепляют стяжными болтами к секции опалубки. При использовании облицовочных панелей без утеплителя их монтируют до монтажа секции опалубки и временно закрепляют. После их монтажа закладывают и закрепляют слой

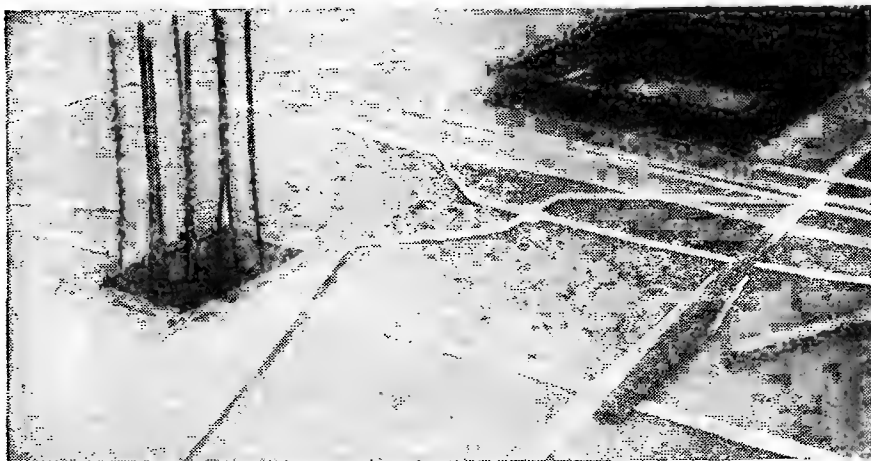


Рис. 10-8. Установка электрической разводки и проемообразователей



Рис. 10-9. Захватка, подготовленная для бетонирования

утеплителя, монтируют арматуру, закладные детали. Затем устанавливают туннель опалубки, который соединяют стяжными болтами с панелью.

При возведении зданий с двумя внутренними монолитными стенами (коридором) используют «коридорную» опалубку, конструктивно аналогичную основной секции опалубки.

Вдоль коридорных стен также устанавливают рельсовые пути, на которые монтируют секции коридорной опалубки. Последние соединяют стяжными болтами с щитовой опалубкой, установленной с наружной стороны коридора в туннеле основной секции.

Щитовая опалубка имеет меньший размер, чем торец коридора; между ней и основной секцией опалубки устанавливают вставки. Конструктивно такой щит выполняют аналогично крупнощитовой опалубке с подкосами, на которых установлены винтовые домкраты. Кроме того, на подкосах и на щите устанавливают катки для извлечения щита из забетонированного туннеля. Применяют также навесные щиты, подвешиваемые к основной секции опалубки, а также разборно-переставную опалубку. Однако использовать ее малоцелесообразно из-за дополнительных затрат труда для разборки и перестановки щитов вручную.

При бетонировании зданий с фасадными монолитными стенами крупнощитовую опалубку наружных стен устанавливают и вдоль фасадных стен. В этом случае секции опалубки впоследствии извлекают через проемы, оставляемые в перекрытии. При использовании для фасадных стен сборных панелей последние монтируют при установке секций опалубки; они служат опалубкой для торцов внутренних поперечных стен.

§ 3. Бетонирование конструкций а переставных опалубках

Согласно строительному генеральному плану возводимого здания и схеме бетонирования в объемно-переставной опалубке, показанной на рис. 10-10, строительную площадку оборудуют подъездными путями и временными дорогами, временными водопроводными и электрическими сетями, прожекторами, вышками, бытовыми помещениями, площадками для складирования материалов сборных железобетонных изделий.

При укрупнительной сборке арматурных каркасов из заготовленных сеток, кроме того, предусматривают крытую площадку с кондукторами и сварочными агрегатами для сборки каркасов.

Бетонную смесь можно готовить непосредственно на строительной площадке. В этом случае целесообразно использовать мобильные бетоносмесительные узлы и предусмотреть площадку с открытыми складами крупного и мелкого заполнителя, а также с емкостями для цемента.

При доставке бетонной смеси с завода на строительной площадке нужно вести выборочный контроль качества бетонной смеси и при необходимости, дополнительно перемешивать ее в бетоносмесителях. Допустимую продолжительность перевозки смеси устанавли-

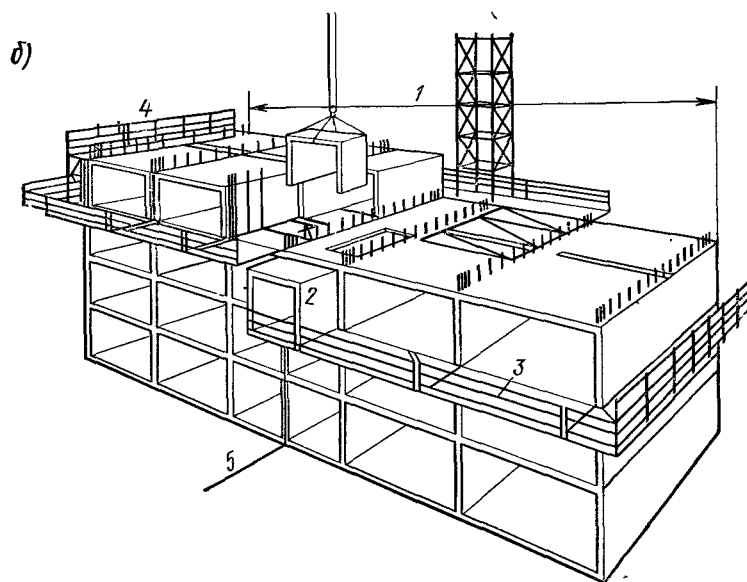
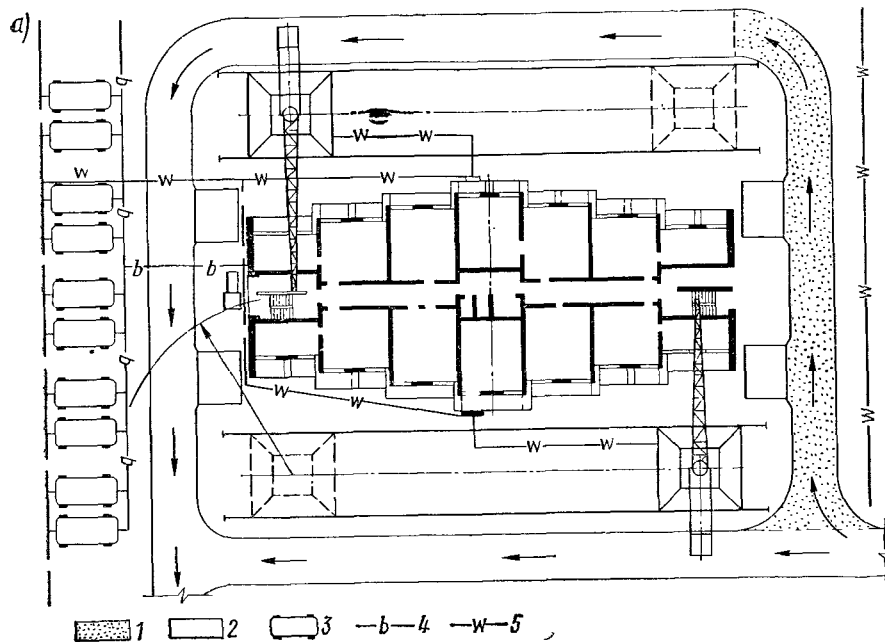


Рис. 10-10. Схема возведения зданий:

а — стройгенплан; 1 — временная автодорога; 2 — постоянная автодорога, используемая на период строительства; 3 — временные здания контейнерного типа; —b—4— временный водопровод; —w—5— временная электросеть; б — схема возведения в опалубке, монтируемая секциями: 1 — захватки; 2 — демонтаж секции; 3 — монтажные подмости; 4 — смонтированный туннель опалубки; 5 — трубопровод

ливают строительная лаборатория в зависимости от состава бетона, сроков схватывания цемента и транспортных средств. Предельные сроки транспортирования и укладки смеси для цементов со сроками начала схватывания 1,5 ч приведены ранее на с. 130.

Целесообразно использовать сухие бетонные смеси, доставляемые на площадку с завода.

При централизованном приготовлении бетонной смеси необходимо стремиться к тому, чтобы количество перегрузок смеси было минимальным. Для транспортирования смеси с завода на площадку применяют автосамосвалы, а также специальные бетонотранспортные средства. В автосамосвалах смеси перевозят из-за отсутствия специальных средств доставки при небольших расстояниях транспортирования. При использовании самосвалов должны быть приняты меры сохранения качества смеси, предупреждения ее при атмосферных осадках и т. д., а также утечки цементного молока.

Проведенные ЦНИИОМТП исследования сохранности бетонных смесей, перевозимых автосамосвалами, показали, что транспортирование их по асфальтированным дорогам на расстояние 30—32 км при времени перевозки 1—1,5 ч и температуре от 5 до 20°С существенно на качество смеси не влияет. Перевозить смеси самосвалами по труднопроходимым дорогам допустимо на расстояние до 16—18 км. Специальные же средства транспорта гарантируют сохранность смеси при перевозке ее на дальние расстояния. Для этого применяют автобетоносмесители и автобетоновозы.

На заводе в смеситель загружается отдозированная сухая смесь: подача воды и перемешивание происходят в пути на строительную площадку.

Автобетоносмесители выпускают на базе машин КрАЗ-258 и МАЗ-503. Объем готового замеса составляет соответственно 3,2 и 2,5 м³, время перемешивания до 20 мин, время разгрузки смеси до 15 мин. Так как высота выгрузки смеси может меняться, бетонную смесь можно выгружать как непосредственно в раздаточные, так и в перегрузочные бады или в бункеры-накопители смеси.

При подаче смеси в бадах укладка ее производится непосредственно в опалубку. Применяют поворотные конструкции бадей (так называемые тупельки) и неповоротные. Для ускорения выгрузки бетонной смеси на корпусе бады устанавливают вибратор. Для выгрузки бетонной смеси применяют секторные, челюстные, шторно-роликовые и реже клапанные затворы. ЦНИИОМТП разработал унифицированный ряд как поворотных, так и неповоротных бадей.

Для приемки бетонной смеси из транспортных средств устанавливают сразу несколько бадей в один ряд. Количество одновременно устанавливаемых бадей при выгрузке из автосамосвалов указано в табл. 10-3.

После приема бетонной смеси бадью краном подают к месту укладки и бетонная смесь без промежуточных перегрузок укладывается послойно в стены или перекрытия.

Таблица 10-3

Количество бадей для приема бетонной смеси из самосвалов

Автосамосвал	Количество поворотных бадей для приема бетонной смеси емкостью, м³			
	0,5	1,0	1,5	2,0
ЗИЛ-ММЗ-585	3	2	—	—
ЗИЛ-ММЗ-555	3	2	—	—
МАЗ-205	—	2	2	1
МАЗ-503А	—	—	2	1

Трудоемкость бетонирования монолитных конструкций зданий в объемно-переставной опалубке указана в табл. 10-4.

Таблица 10-4

Трудоемкость бетонирования монолитных конструкций

Виды работ	Трудоемкость, чел-ч/м² полезной площади
Бетонирование стен и перекрытий (без подготовки под отделку, устройства перегородок и приготовления бетонной смеси)	2,6
В том числе:	
монтаж и демонтаж опалубки	0,2
монтаж арматуры	0,5
подача и укладка бетонной смеси бадьями с помощью крана	0,5
Монтаж панелей фасадных стен	1,56

При технико-экономическом обосновании для подачи и укладки бетонной смеси можно применить бетононасосы. Они обеспечивают наибольшую производительность труда и наименьшие трудовые затраты при подаче и укладке бетонной смеси. Однако из-за высокой стоимости бетононасосов применять их в жилищно-гражданском строительстве с небольшими объемами укладываемого в смену бетона не всегда рентабельно. Использовать автобетононасосы целесообразно при строительстве нескольких зданий в одном микрорайоне с четкой организацией труда, почасовым графиком их эксплуатации для подачи смеси сразу на несколько зданий.

Можно применять как мобильные автобетононасосы, оборудованные распределительными стрелами, так и стационарные бетононасосы в комплекте с переносными перемонтируемыми распределительными стрелами. При использовании автобетононасосов бе-

тонную смесь загружают в них непосредственно из автобетоносмесителя, подают и укладывают бетонную смесь с помощью распределительной стрелы (рис. 10-11) в любое место.

Стационарный бетононасос подает бетонную смесь к распределительной стреле, установленной на этаж бетонируемого здания. С ее помощью распределяется смесь и укладывается в опалубку. Однако при такой схеме требуется часто перемонтировать и наращивать бетоновод, для чего требуются дополнительные затраты времени и труда. Поэтому применять бетононасосы следует при достаточно больших объемах бетона, укладываемых одновременно на захватке.

Отечественная промышленность выпускает бетононасосы с механическим приводом производительностью в 10, 20 и 40 м³/ч (табл. 10-5), осваивается также выпуск бетононасосов с гидравлическим приводом.

За рубежом выпускается целый ряд бетононасосов на автомобильном ходу и стационарных (табл. 10-6).

Перед бетонированием монолитных конструкций устанавливают опалубку одной стороны стен. Стыки щитов по длине проклеивают гибкой клейкой лентой, смазывают опалубку и устанавливают проемообразователи. После очистки рабочих швов от цементной пленки краном монтируют крупноразмерные арматурные каркасы, доставленные на площадку с завода или собранные на площадке. Сборку пространственного арматурного каркаса в ряде случаев можно вести и на месте бетонирования с помощью специальных переставных кондукторов. Площадку перемещают вдоль стен вручную, перекачивая ее по уложенным доскам или с помощью крана. Однако на месте бетонирования каркасы собирают в тех случаях, когда невозможно сделать укрупнительную сборку на специальной площадке или из-за трудностей при транспортировании и монтаже арматуры краном.

Для связи стен бетонируемого и вышележащего этажа на арматурных каркасах предусматривают выпуски арматурных стержней длиной 100—150 мм.

После монтажа арматуры устанавливают электрическую и дру-

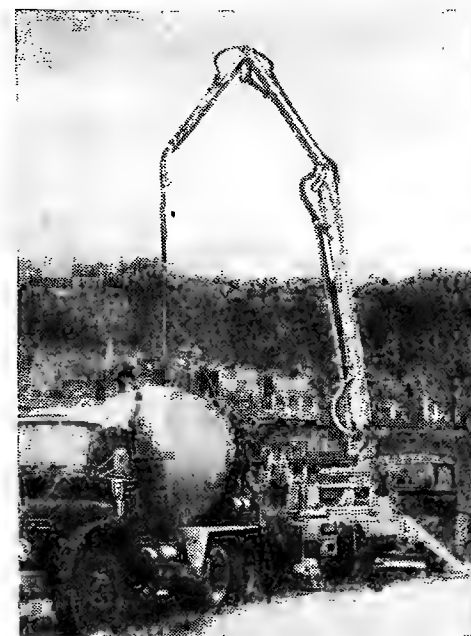


Рис. 10-11. Укладка бетонной смеси с помощью бетононасоса в подпорную стену

Таблица 10-5

Характеристики отечественных бетононасосов

Показатели	Тип бетононасоса		
	С-284А	С-296	СБ-95
Производительность, м ³ /ч	40	10	25
Диаметр бетоновода, мм	280	150	150
Мощность двигателя, кВт:			
общая	44,5	16,8	—
главного привода	40	14	—
привода мешалки	4,5	2,8	—
Габариты, мм:			
длина	5940	2500	3880
ширина	2040	1350	1900
высота	3175	1950	1435
Масса бетононасоса, кг.	11 929	2700	4500
Емкость приемного бункера, м ³	2,8	0,45	0,6
Максимальная дальность подачи, м:			
по горизонтали	250	200	250
по вертикали	30	15	50
Максимальное рабочее давление на поршне, ат	30	30	45

Таблица 10-6

Характеристики некоторых зарубежных бетононасосов и распределительных стрел

Показатели	Бетононасос БР 550 НДЕ фирмы Швннг (ФРГ) на пневмоколесном прицепе	Автобетононасос БР-60СВ (ФРГ) фирма Штеттер	Распределительная стрела	
			КМ-16 (ФРГ)	КМ-20 (ФРГ)
Производительность, м ³ /ч	50	60	—	—
Высота подачи смеси, м	100	80	18	22

гие разводки, монтируют вторую поверхность предварительно смазанной опалубки и захватку готовят для бетонирования.

Укладывают бетонную смесь послойно, равномерно по длине стены с вибрированием каждого уложенного слоя. Толщина слоев укладываемой бетонной смеси не должна превышать 1,25 длины рабочей части глубинного вибратора, обычно толщина слоев составляет 40—50 см.

Так как скорость бетонирования стен определяет величину максимального бокового давления бетонной смеси, ее ограничивают при легких опалубках, рассчитанных на определенные нагрузки.

Для укладки в стены применяют пластичную бетонную смесь с осадкой конуса в 6—8 см. Для уплотнения смеси целесообразно применять глубинные вибраторы. При наружном уплотнении смеси вибраторами, установленными на опалубке, значительно увеличиваются нагрузки на нее. Кроме того, при наружной вибрации ухудшается качество поверхности стен вследствие засасывания воздуха и появления раковин. Так как воздух при вибрационном уп-

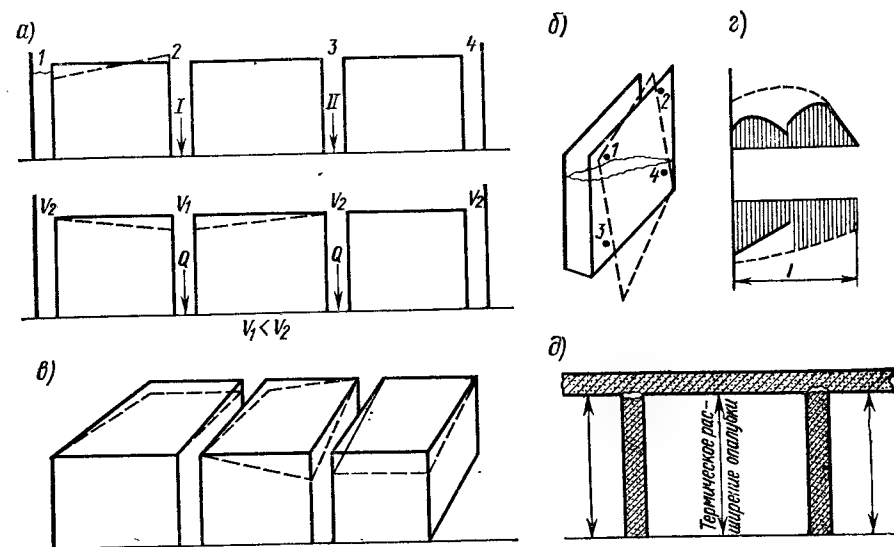


Рис. 10-12. Деформация опалубки:

а — при бетонировании стен с различной скоростью $v_1 < v_2$; 1—4 — номера стен; б — при неравномерной укладке бетонной смеси по длине стен под действием горизонтальных нагрузок; 1—4 — места установки тяжелей; в — то же, при действии вертикальных; г — изменение нагрузок в характер деформаций при длительных перерывах при бетонировании стен; д — деформации от термического расширения опалубки при прогреве бетона

лотнении смеси стремится к источнику вибрации, уплотнение глубинными вибраторами при использовании жесткой недеформируемой опалубки дает гладкую поверхность без раковин и пор.

Стену нужно бетонировать непрерывно на всю высоту. При длительных перерывах в бетонировании стен образуются горизонтальные уступы и ухудшается качество поверхности вследствие изменения схемы нагрузок от бокового давления смеси и неравномерных деформаций опалубки по высоте (рис. 10-12). Не допускается также неравномерно укладывать бетонную смесь по высоте и длине стен. Перекосы и деформации опалубки являются причиной образования рустов и наплывов на поверхности бетона и тоже ухудшают качество поверхностей стен.

Бетонирование перекрытий следует производить после осадки бетона стен не ранее чем через 1—2 ч по окончании бетонирования стен. Смазывать наружную поверхность горизонтального щита и

устанавливать арматуру перекрытий следует по окончании бетонирования стен — во время перерыва, предусмотренного для осадки бетона. Установка арматуры перекрытий до бетонирования стен в объемно-переставной опалубке приводит к загрязнению и смещению арматуры и усложняет укладку бетонной смеси в опалубку стен.

Арматуру перекрытий монтируют из крупноразмерных каркасов. Перед монтажом арматуры устанавливают проеомообразователи, электрическую и другие разводки. Затем монтируют опалубку маяков стен вышележащего этажа, которая одновременно служит маяками бетонирования верхней отметки перекрытия. Для удобства бетонирования и прохода людей на опалубку устанавливают настилы с дощатым покрытием, высота опорной части которых несколько превышает толщину перекрытий. Укладывать бетонную смесь следует полосами, равными длине помещения, начиная от одной из стен.

Если проектом предусмотрен рабочий шов в пролете перекрытий, его устраивают параллельно меньшей стороне пролета, при опирании по контуру или параллельно опорным стенам. Поверхность шва должна быть перпендикулярна поверхности перекрытия. Смесь укладывают равномерно по поверхности перекрытия, уплотняют смесь глубинными вибраторами, а дополнительно — поверхностными вибраторами или виброрейками. Для распределения бетонной смеси и получения хорошей верхней поверхности применяют разравниватель, выполненный из гнутого металлического листа, к которому прикреплены ручка и изогнутый стержень.

Для выдавливания из бетона цементного теста с целью последующего заглаживания используют решетчатые ролики, прокатываемые по поверхности забетонированного перекрытия. Ролик состоит из двух пустотелых валиков, выполненных из листовой стали, которые установлены на одной подвеске, оснащенной ручкой. Цилиндрическая поверхность роликов имеет отверстия диаметром 13 мм с коэффициентом пустот 0,23. Заглаживают поверхность с помощью гладилки, которую перемещают вручную возвратно-поступательным движением.

Заглаживающая поверхность гладилки, имеющая с двух сторон скосы, закреплена на шарнирном параллелограмме, благодаря чему она устанавливается сама под необходимым углом к поверхности и поворачивается в сторону движения.

Для выдерживания твердеющего бетона необходимо обеспечить нужный температурно-влажностный режим, предохраняя бетон от значительных перепадов температур и влажности по сечению конструкций. Как известно, при высыхании бетон уменьшается в объеме и дает усадку. Поскольку глубинные слои бетона защищены от внешней среды и быстрее высыхают наружные слои, усадка происходит неравномерно, вызывая трещины. Ввиду того что появление усадочных напряжений наиболее опасно в ранние сроки твердения, когда бетон не приобрел достаточной прочности, в начальной стадии твердения необходимо предохранять его от высыхания,

укрывая поверхности перекрытий пленкообразующими составами, пленками или поливая их водой.

Твердеющий бетон нужно предохранять также от ударов и сотрясений, ухудшающих качество и нарушающих его структуру.

Снимать опалубку стен можно только после достижения бетоном прочности, обеспечивающей сохранность поверхности и кромок углов. Демонтировать опалубку перекрытий можно только после достижения бетоном прочности не ниже 70% от проектной при пролете перекрытия до 6 м, 80% — при пролетах более 6 м. Поэтому при бетонировании монолитных перекрытий целесообразно применять цементы БТЦ и ОБТЦ (быстротвердеющие и особобистротвердеющие цементы), а также прогревать бетон в термоактивной опалубке или другими способами. При возведении зданий в объемно-переставной опалубке прогревать бетон целесообразно и в летнее время с целью интенсификации процесса твердения и увеличения темпа оборачиваемости опалубки.

§ 4. Демонтаж опалубки

При демонтаже крупнощитовой опалубки стен вначале снимают доборные элементы подмостей и отсоединяют щиты опалубки по длине стен. Затем снимают верхний ряд стяжных болтов и затем нижний. Потом отсоединяют и демонтируют с помощью крана угловые щиты. При вращении винтовых домкратов, установленных на подкосах, щит под собственным весом отрывается от бетона и отходит от бетонной поверхности. Затем щит стропуют и краном переставляют на новую захватку.

Вначале демонтируют щиты наружных стен. При использовании консольных подмостей демонтаж наружных щитов ведут аналогично внутренним, при этом щит опирается на подмости. После ослабления креплений демонтируют щиты при отсутствии подмостей изнутри помещения. В этом случае ослабляют натяжение стяжных болтов: сначала верхнего, затем нижнего ряда. С помощью верхних стяжных болтов, упираясь во внутренний щит (который раскреплен к перекрытию), отрывают наружные щиты от бетона. После строповки снимают стяжные болты и щит краном переставляют на новую захватку.

При бетонировании лифтовых шахт в крупноблочной опалубке сначала демонтируют щиты наружных поверхностей. Затем приступают к демонтажу внутренней блочной системы. Для этого с помощью домкратов отрывают щиты от бетона и сближают их с центральной рамой. После этого блок стропят краном, поднимают из забетонированной шахты и затем устанавливают на новую отметку.

Демонтируют опалубку перекрытий с помощью винтовых домкратов, установленных на стойках рамы. Опалубку отрывают от бетона, и она опускается на величину 30—40 мм под действием собственного веса. Опускать опалубку следует равномерным вра-

щением поочередно всех опорных домкратов для исключения перекоса, заклинивания и неравномерно резкого отрыва от бетона. При опускании раму опалубки опирают на катки.

Извлекают опалубку и переставляют на следующий этаж или захватку с помощью консольной траверсы. При использовании опалубки, состоящей из нескольких секций по глубине помещения, после извлечения крайней секции все последующие поочередно выкатывают по перекрытию к проему и извлекают из него краном.



Рис. 10-13. Демонтаж секций опалубки

Объемно-переставную опалубку начинают демонтировать с разборки опалубки маяков. Затем секции опалубки отсоединяются друг от друга, снимают стяжные болты, отрывают и отводят от бетона боковые и горизонтальные щиты секции. Последнюю вручную выкатывают на монтажные подмости (рис. 10-13), где секции стропуют и переставляют краном на новую захватку. При использовании для демонтажа консольных траверс они захватывают опалубку внутри забетонированного помещения и извлекают ее с помощью крана.

При демонтаже секций через технологические проемы, оставляемые в перекрытиях, часть перекрытий над одной из секций не бетонируют. Технологические проемы целесообразно устраивать в тех местах, где в последующем придется монтировать крупногабаритные сборные элементы (например, объемные санкабины). Технологические проемы удобно устраивать около внутренних про-

должных стен здания. После демонтажа секции опалубки, примыкающей к технологическому проему, к нему вручную поочередно перекачивают все остальные секции и извлекают краном через верх.

§ 5. Особенности контроля качества бетонирования и бетона

Контроль качества бетона положено вести на всех стадиях бетонирования монолитных конструкций. Пооперационный контроль осуществляют при изготовлении, приемке и установке опалубки, изготовлении на заводе арматуры, укрупнительной сборке каркасов, монтаже арматуры, приготовлении бетонной смеси, транспортировании, укладке, уплотнении и уходе за бетоном (см. гл. 19).

После монтажа опалубки проверяют правильность сборки, плотность стыков и мест сопряжения, соблюдение геометрических размеров, точность установки ее в проектное положение. В процессе бетонирования нужно непрерывно вести наблюдение за состоянием опалубки. При обнаружении сверхдопустимых деформаций и смещений опалубки надо принять меры к их устранению, а при необходимости временно прекратить бетонирование до устранения деформаций.

Величины допускаемых отклонений при установке опалубки указаны в табл. 10-7.

Таблица 10-7

Величина допускаемых отклонений при установке опалубки

Вид отклонений	Допускаемые величины отклонения, мм
Отклонения от расстояний между опорами изгибаемых элементов опалубки (стяжными болтами, опорными стойками, вертикальными и горизонтальными балками):	
на 1 м длины	±25
на весь пролет, не более	±75
Отклонения от вертикали опалубки стен:	
на 1 м высоты	5
на всю высоту	10
Смещение всей опалубки стен от проектного положения	8
Смещение осей объемно-переставной опалубки	10
Отклонение в расстояниях между внутренними поверхностями опалубки стен	±5
Местные неровности опалубки на длине 2 м	3

Величины допускаемых отклонений при установке арматуры следующие, мм:

В расстояниях между отдельно установленными рабочими стержнями	± 20
Между вертикальными каркасами и стержнями разных этажей	± 5
Отклонения в отдельных местах в толщине защитного слоя	± 5
В расстояниях между распределительными стержнями	± 25
В положении осей стержней в торцах сварных каркасов, стыкуемых на месте:	
при d стержней до 40 мм	± 5
при $d=40$ мм и более	± 10
В расположении стыков стержней по длине	± 25

Контроль качества бетона заключается в проверке соответствия фактической конечной и распалубочной прочности его проектной.

Контроль подвижности бетонной смеси ведут на заводе-изготовителе и, кроме того, систематически на площадке у места укладки. При отклонении подвижности смеси от проектной нужно откорректировать ее состав или улучшить способы ее транспортировки и подачи.

Контроль однородности и прочности бетона при сжатии нужно вести с применением статистических методов согласно ГОСТ 18105—72.

От каждой партии бетона отбирают не менее двух проб из разных замесов, но не менее одной пробы в сутки на заводе-изготовителе и не менее двух проб в сутки на площадке. Серия образцов для испытания на сжатие состоит из трех контрольных образцов-кубов. Строительная лаборатория изготавливает серию образцов для определения фактической распалубочной прочности и прочности бетона после прогрева. На строительной площадке образцы хранят в условиях, соответствующих условиям твердения бетонированных конструкций. При контроле прочности прогретого бетона перекрытий размер кубиков должен соответствовать высоте перекрытий, а при использовании для прогрева бетона верхних термоактивных щитов они должны плотно прилегать к верхней поверхности образцов.

Результаты контроля качества бетона, а также бетонных и железобетонных работ заносят в журналы бетонирования.

Кроме испытаний прочности бетона с помощью контрольных образцов могут применяться неразрушающие методы контроля с помощью контрольных молотков, склерометров и т. д.

Применяется также ультразвуковой импульсный метод контроля. При использовании ультразвуковых приборов необходима их тарировка на бетонах, имеющих аналогичный или близкий состав с испытываемыми.

Ультразвуковым методом можно пользоваться также для обнаружения структурной неоднородности бетона, наличия каверн, трещин и непровибрированных участков.

Такие методы определения прочности бетона контрольными молотками весьма приблизительны и позволяют лишь ориентировочно оценить качество бетона без получения точных абсолютных характеристик.

Точность показаний в значительной степени зависит от количества статистических контрольных испытаний при тарировке бетона аналогичного состава. Допускаемые отклонения размеров монолитных конструкций приведены ниже, мм:

Отклонения плоскостей и линий их пересечения от вертикали или проектного наклона на всю высоту стен	± 15
Отклонения горизонтальных плоскостей от горизонтали:	
на 1 м плоскости в любом направлении	± 5
на всю плоскость	± 20
Местные отклонения верхней поверхности бетона от проектной при проверке конструкции рейкой длиной 2 м (кроме опорных поверхностей)	± 8
Отклонение по длине или пролету	± 20
Отклонение в размерах поперечного сечения	± 8
Отклонение в отметках поверхностей и закладных частей, служащих опорами для сборных элементов	± 5

ГЛАВА 11

БЕТОНИРОВАНИЕ В СКОЛЬЗЯЩЕЙ ОПАЛУБКЕ

В скользящей опалубке бетонируют стены многоэтажных зданий (рис. 11-1) и высотных сооружений (силосов, копров), име-

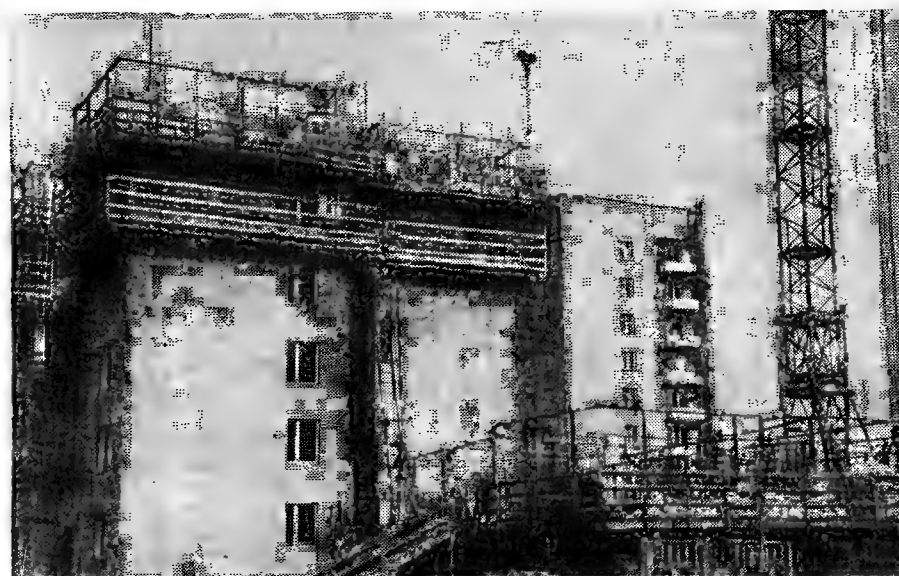


Рис. 11-1. Возведение монолитного здания в скользящей опалубке

ющих постоянное сечение по высоте и одинаковую толщину стен.

Бетонирование ведут непрерывно. При этом все технологические процессы и операции (установка арматуры, закладных деталей, утеплителя, укладка бетонной смеси, подъем опалубки) выполняют в строгой технологической последовательности, без перерывов и остановок. Это обеспечивает хорошее качество бетона и высокий темп бетонирования.

Перед началом бетонирования строительную площадку нужно обеспечить достаточным запасом необходимых материалов, заготовками арматуры, закладными деталями, домкратными стержнями

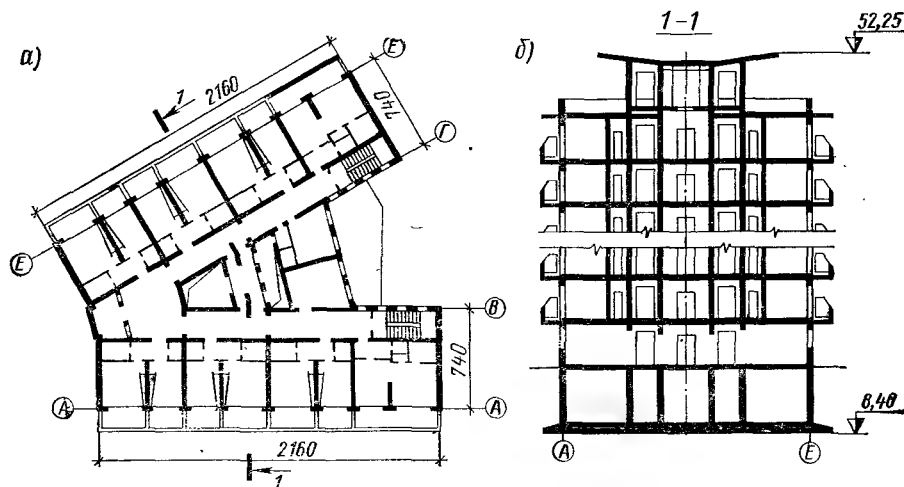


Рис. 11-2. План типового этажа (а) и разрез (б) спального корпуса санатория ВТО «Актер» (г. Сочи), возведенного в скользящей опалубке

и т. д. Складируют материал необходимо по типам в количестве, потребном для бетонирования одного этажа. Необходимо подготовить все материалы и средства механизации, чтобы вначале заполнить бетонной смесью стены по всему периметру установленной опалубки на высоту примерно 70 см в течение 3—3,5 ч и обеспечить ее дальнейший подъем и бетонирование со скоростью 1—1,5 м в смену. Нужно также предусмотреть резерв мощности всех механизмов на случай выхода из строя отдельных агрегатов.

Для оперативного управления строительством на рабочем полу поднимаемой опалубки устанавливают телефонную и сигнальную связь с диспетчерской СМУ и наземными службами для выполнения почасовых графиков доставки бетона и других материалов.

Бетонирование в скользящей опалубке ведут комплексные бригады круглосуточно в течение трех смен.

Если материалы доставляют на площадку по четкому графику, на строительстве достаточно иметь двух- или трехдневный запас материалов. Схемы зданий, возводимых в скользящей опалубке, показаны на рис. 11-2 и 11-3.

Группа жилых 16-этажных зданий с монолитными стенами построена в г. Сочи на ул. Островского по проекту архитектурно-планировочной мастерской Мосгражданпроекта. Несущие поперечные и продольные стены возводились в скользящей опалубке. Фасадные стены в проекте были предусмотрены криволинейными, со стрелой прогиба внутрь 1,4 м. Такую форму имеют стены двух жилых домов. В остальных зданиях для удобства производства работ кривая линия фасада была заменена на уступчатую, образуемую прямолинейными участками стены между соседними поперечными стенами. Перекрытия выполнены сборными из многпустотных плит, перегородки — из керамзитобетона толщиной 6 см и тяжелого бетона толщиной 6 см. На строительстве сборно-монолитных жилых домов достигнуты хорошие их экономические показатели в условиях горной местности; обогащена архитектурная панорама города.

Как отмечалось выше, применение монолитного железобетона позволяет разнообразить архитектуру зданий и обеспечить более высокую их сейсмостойкость. Так, спальный корпус санатория «Актер» (рис. 11-2) имеет в плане А-образную форму (проект Сочинского института «Южгипрокоммунстрой» и Тбилисского ЗНИИЭПа). Здание рассчитано на сейсмичность в 8 баллов, что достигнуто в основном благодаря монолитности конструкции.

Цокольная часть корпуса бетонировалась в переставной опалубке, стены остальных 15 этажей — в скользящей опалубке. Из монолитного железобетона выполнены наружные и внутренние стены здания толщиной 16 см, перекрытия коридоров и холлов. Наружные стены утеплены с внутренней стороны керамзитобетонными блоками толщиной 8 см.

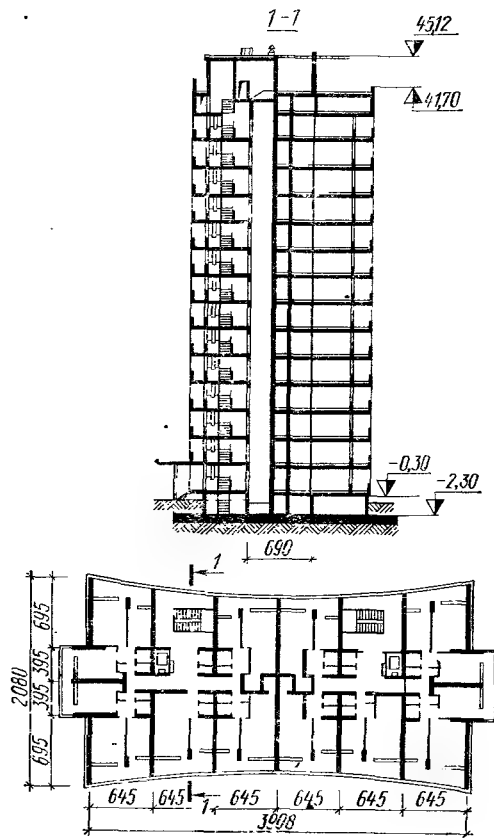


Рис. 11-3. Жилые 16-этажные здания, построенные в г. Сочи в скользящей опалубке (разрез и план)

Сборные перекрытия толщиной в 12 см монтировались после возведения стен в скользящей опалубке: плиты при монтаже опирались на временные опорные столики, закрепленные в стенах. После монтажа плиты замоноличены по периметру.

§ 1. Монтаж опалубки и оборудования для ее подъема

Опалубку и оборудование для ее подъема нужно поставлять на строительную площадку комплектно в состоянии, пригодном к эксплуатации. Исправность оборудования для подъема опалубки проверяют при испытаниях на стенде.

Перед началом монтажа поверхность, на которую нужно монтировать опалубку, очищают от грязи и промывают. Затем проверяют перпендикулярность

поперечных и продольных осей здания, наносят контуры стен. Для точной установки опалубки поверхности для ее монтажа выверяют нивелиром по горизонту, с тем чтобы отметка нижней кромки опалубки превышала на 2—3 см отметку наивысшей точки опорной поверхности.

Собирают опалубку как на месте бетонирования, так и на стенде крупных блоков с последующим монтажом их краном на захватке. Для предварительной сборки коробов применяют специальные кондукторы (рис. 11-4), что позволяет снизить трудоемкость сборки опалубки. Короба больших размеров в плане перед монтажом дополнительно раскрепляют распорками, связями и инвентарными струбцинами. Для сборки опалубки криволинейных и круглых очертаний в плане применяют кондукторы, состоящие из нескольких уголков, закреп-

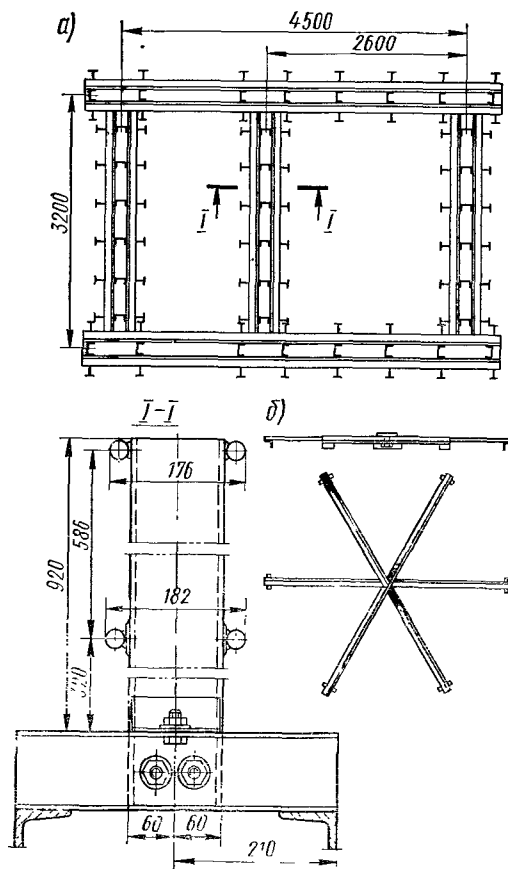


Рис. 11-4. Кондуктор для укрупнительной сборки:
а — прямоугольных сооружений; б — криволинейных

ленных шарнирно в центральной части. Для сохранения криволинейной формы короба одновременно устанавливают и закрепляют фермы или балки рабочего пола.

Блок, собранный в кондукторе, состоит из внутренних щитов, наружные же щиты собирают на месте бетонирования после монтажа, выверки и фиксирования внутренних щитов короба. Расставляют короба в шахматном порядке (рис. 11-5), чтобы оставались открытые поверхности для монтажа арматуры стен.

Для облегчения монтажа опалубки и исключения вытеканий раствора при начале бетонирования на фундаментной плите целесообразно предварительно забетонировать маяки — нижнюю часть стен высотой 10—15 см. Расстояние между смонтированными коробами должно соответствовать толщине стен, определяемой по середине высоты щитов. Для поддержания проектной толщины стен между коробами устанавливают не менее двух шаблонов на каждую сторону короба. Наклон щитов к вертикали должен полностью соответствовать принятой в проекте конусности опалубки. Конусность щитов проверяют с помощью шаблонов с отвесами (отклонение отвеса от нулевого отсчета показывает величину конусности).

В прямоугольных коробах конусность создают конусные формы угловых щитов; в опалубке криволинейной формы наклон щитов обеспечивается их специальной формой или введением прокладок различной толщины при соединении щитов. Введением или изменением толщины прокладок в углах примыкания одной стены опалубки к другой регулируется конусность и в прямоугольных коробах. Горизонтальность установки короба регулируется установкой прокладок под щиты опалубки.

После монтажа и выверки всех коробов устанавливают домкратные рамы, рабочий пол, козырек с ограждением и домкраты. Домкратные рамы устанавливают на щиты по проекту перпендикулярно щитам. Стойки рам должны быть расположены строго вертикально, ригели — горизонтально в одной плоскости. Домкратные стержни должны проходить по оси стен (кроме случаев, специально предусмотренных проектом). Рамы устанавливают свободно, без приложения усилий с тем чтобы не нарушить проектного положе-

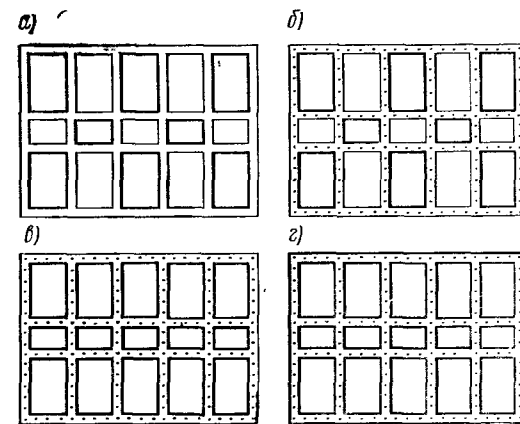


Рис. 11-5. Последовательность монтажа коробов опалубки:

а — монтаж внутренних коробов в шахматном порядке; б — установка арматуры; в — монтаж остальных коробов; г — монтаж щитов по наружному контуру

ния щитов опалубки. Перед монтажом рам с ее боковых стоек снимают кронштейны и раму ставят на щиты так, чтобы упорные уголки ложились на верхние кружала щитов.

После установки кронштейнов вращением винтов, расположенных на опорном уголке, раму подтягивают вверх до упора. По мере установки домкратных рам снимают временные крепления коробов опалубки; после установки рам корректируют конусность щитов.

Домкратные рамы электромеханических шагающих домкратов устанавливаются попарно; под стойки рам укладывают прокладки. После монтажа рам по периметру опалубки монтируют козырек с настилом и ограждением.

Допускаемые отклонения при монтаже опалубки не должны превышать значений, приведенных ниже, мм:

Смещение осей стенок опалубки относительно проектных осей бетонированной конструкции	±10
Наибольшая разность отметок плоскостей верхних кружал или поверхности рабочего пола на расстоянии:	
до 3 м	±10
3 м и более	±15
Наибольшая разность в отметках ригелей однотипных домкратных рам	±10
Отклонение конусности скользящей опалубки на одну сторону	±4
Отклонение в расстояниях между стенками опалубки от размера бетонированной в нем конструкции	±5
Смещение осей домкратов от оси конструкции	±2
Отклонение в расстояниях между домкратами, рамами (за исключением мест, где расстояние между рамами является свободным размером)	±10

Примечание. Отклонение положения стоек домкратных рам и осей домкратов от вертикали и обратная конусность не допускаются.

До установки рабочего пола внутри коробов заносят элементы внутренних подмостей и собирают их.

Монтировать рабочий пол начинают с установки прогонов или ферм, которые прикрепляются к стойкам домкратных рам. На прогоны укладывают балки. Для устройства разборного пола балки применяют сдвоенные: одна из них служит отстойкой по контуру ячейки, на вторую опирают съемные щиты. К стойкам домкратных рам крепят прогон, расположенный перпендикулярно сдвоенным балкам. Затем по контуру устраивают неразборный настил (отстойки) и укладывают съемные щиты. Все люки в рабочем полу оборудуют предохранительными решетками, устанавливаемыми ниже откидной крышки.

Подвески внутренних и наружных подмостей устанавливают до начала подъема опалубки, подмости с закреплением несущих траверс и установкой настила устраивают после подъема опалубки на высоту 3—3,5 м.

Для уменьшения температурных деформаций щиты опалубки в летнее время окрашивают в белый цвет, а при подъеме опалубки с солнечной стороны навешивают фартуки, закрывают также наружные подмости.

Перед монтажом гидравлическое оборудование для подъема опалубки подвергают ревизии, очищают от пыли, заводской смазки и испытывают.

Домкраты ОGD-61 и насосные станции ПНС опробовывают на герметичность рабочей жидкостью под давлением 50 кгс/см², домкраты ОGD-64У, регуляторы горизонтальности АРГ-64У и насосные станции АНС — под давлением 190 кгс/см², станции АНС-100У — 150 кгс/см².

Гидравлическое оборудование и разводку перед монтажом рассортировывают по маркам согласно схеме монтажа. Монтируют гидравлические разводки укрупненными блоками. Блоки трубопроводов перед монтажом испытывают на герметичность, заполняют рабочей жидкостью, на соединительные штуцера устанавливают запорные вентили. Сначала на кронштейны, закрепленные к домкратным рамам, монтируют блоки нижнего трубопровода; затем устанавливают стойки и монтируют трубопровод на высоте 1,8—2,0 м от рабочего пола. После этого монтируют распределительный трубопровод, с которым соединяют сети гидроразводки и разводку насосной станции; присоединяют домкраты и станцию. Для присоединения автоматических регуляторов горизонтальности АРГ-64У монтируют дополнительно гидравлическую разводку.

После монтажа гидравлическую систему опрессовывают рабочей жидкостью под давлением 45—50 кгс/см² при использовании домкратов ОGD-64У с автоматическими регуляторами горизонтальности.

Верхняя доска ограждения должна быть острогана.

Лестницы должны иметь ограждения и быть освещены. Перед началом подъема опалубки должно быть проверено соответствие проекту всех несущих элементов, надежность сварных и болтовых

Таблица 11-1

Стоимость и трудоемкость монтажа скользящей опалубки в расчете на 1 м опалубки

Наименование	Общая стоимость, руб.	В том числе стоимость			Трудоемкость, чел-ч
		Аматериалов	машин	заработная плата	
Монтаж опалубки при частом шаге стен с использованием домкратов ОGD-61	20,37	10,05	1,45	8,87	11,944
То же, с использованием домкратов ОGD-64У	20,88	10,10	1,45	9,33	12,529
То же, при широком шаге стен с использованием домкратов ОGD-61	21,87	10,29	1,62	9,96	12,915
То же, с домкратами ОGD-64У	22,38	10,34	1,62	10,42	13,49

соединений. Необходимо, в частности, систематически проверять состояние подъемного оборудования, подвесных подмостей и несущих элементов рабочего пола. На рабочем полу и подмостях должны быть установлены огнетушители. Подвески подмостей нужно поштучно проверять пробной нагрузкой, превышающей расчетную не менее чем на 50%.

Вокруг возводимого сооружения должна быть обозначена опасная зона хорошо видимыми знаками или подписями.

Примерная нормативная стоимость скользящих опалубок приведена в табл. 11-1.

При опрессовке у каждого домкрата поочередно открывают вентиль до появления рабочей жидкости, после чего систему с домкратом герметично затягивают. После этого давление жидкости доводят до рабочего.

Таблица 11-2

Стоимость скользящей опалубки и оборудования

Элементы скользящей опалубки	Первоначальная (стоимость $C_{\text{обор}}$), тыс. руб. на 100 м осевой линии опалубки	Оборачи- ваемость (при высо- те здания 48 м)
Металлические элементы скользящей опалубки и рабочего пола:		
с редко расположенными внутренними несущими стенами из монолитного железобетона (широкий шаг)	6,85	10
с часто расположенными внутренними несущими стенами из монолитного железобетона (частый шаг)	6,10	10
Щиты опалубки:		
деревянные, облицованные водостойкой фанерой	1,45	3
деревянные, облицованные черной жстью	1,00	3
металлические	1,13	7
Деревянные элементы рабочего пола, наружных и внутренних подвесных подмостей:		
с редко расположенными внутренними несущими стенами из монолитного железобетона (широкий шаг)	1,80	2
с часто расположенными несущими стенами из монолитного железобетона (частый шаг)	1,70	2
Гидроподъемное оборудование для скользящей опалубки (гидродомкраты, насосная станция, гид- роразводки):		
с гидродомкратом ОГД-64У (шаг на месте)	5,00	10
с гидродомкратами ОГД-61	2,40	10
Водопроводная сеть	0,70	5
Силовое и электроосветительное оборудование	1,00	5
Прочее технологическое оборудование (вибрато- ры глубинные и др.)	0,30	2

Домкратные стержни вставляют в домкраты за один-два дня до начала бетонирования. Для расположения стыков стержней на разных уровнях и удобства их наращивания на разных отметках для различных домкратов сначала устанавливают стержни разной длины: 2, 4 и 6 м. В дальнейшем наращивают стержни одинаковой длины, равной 3 м. Для того чтобы стержни после установки плотно опирались на фундаментную плиту, их осаждают путем небольшого увеличения давления в системе.

Перед зарядкой стержни очищают от грязи, рихтуют и смазывают минеральным маслом.

Электромеханические шагающие домкраты закрепляют на двух спаренных домкратных рамах, которые должны быть установлены строго вертикально. Вертикальность установки проверяют отвесом. Домкраты монтируют таким образом, чтобы оси полых грузовых винтов были установлены строго вертикально и совпадали с осью стен.

Подключают домкраты к пульту управления электрическими кабелями, прокладываемыми под рабочим полом.

До зарядки домкратов стержнями производят контрольную проверку системы. При монтаже опалубки должны быть предусмотрены меры безопасных условий выполнения работ. Все горизонтальные элементы перил и ограждения нужно прикреплять к стойкам с внутренней стороны.

Первоначальная (нормативная) стоимость скользящей опалубки, гидроподъемного и прочего оборудования и их оборачиваемость указаны в табл. 11-2.

§ 2. Установка арматуры

При любом способе армирования бетона необходимо устанавливать ручную горизонтальную связывающую арматуру. Для обеспечения проектного положения горизонтальной арматуры иногда устанавливают контрольные лесенки. Горизонтальные стержни арматуры укладывают в этом случае на горизонтальные стержни лесенок, которые затем загибают.

Горизонтальную арматуру крепят к вертикальной вязальной проволокой. Для снижения трудовых затрат прикреплять арматуру целесообразно специальными пружинными скрепками. Для исключения нарушения проектного положения арматуры целесообразно на отдельных участках рабочего пола или козырька наносить марки и количество устанавливаемой арматуры, а также осуществлять постоянный тщательный контроль армирования. Установленную арматуру нужно фиксировать в рабочем положении для исключения смещения и нарушения защитного слоя. Смещенная арматура может случайно зацепиться за движущуюся опалубку и рабочий пол и стать причиной срывов бетона или нарушения поверхности стен.

§ 3. Бетонирование стен

Из-за необходимости соблюдения жестких графиков поставки смеси для бетонирования конструкций в скользящей опалубке предпочтительно готовить ее на приобъектных мобильных автоматизированных бетоносмесительных установках.

Для приготовления бетонной смеси на строительной площадке ее нужно оснастить складами мелкого и крупного заполнителя достаточной емкости, а также емкостями для хранения цемента.

При использовании **тяжелого бетона** применяют портландцемент марки не менее 400 (использование пуццоланового, магнезиального и шлакопортландцемента не допускается).

Целесообразно применять пластифицированный цемент или **обычный** с добавкой концентрата сульфитно - дрожжевой барды.

Для обеспечения возможности укладки смеси с учетом времени доставки и перегрузок, а также

набора необходимой прочности бетонную смесь следует готовить на цементах с началом схватывания не ранее 3 ч и не позднее 6 ч. Вследствие того что сроки твердения цемента влияют на сроки достижения необходимой прочности, скорость подъема опалубки нужно устанавливать с учетом характеристики бетонов и условий твердения. Поэтому состав и характеристика бетонов должны тщательно контролироваться с корректировкой их состава или технологии производства работ.

Подвижность укладываемой бетонной смеси принимают равной 8—12 см.

Наиболее распространенным способом подачи бетонной смеси на рабочий пол является применение бадей и крана. Целесообразно применять самоподъемные башенные краны (рис. 11-6), которые устанавливают в лифтовых шахтах или лестничных клетках, на несущих конструкциях здания. Кран используют также для подъема арматуры, столярных изделий и других деталей. При помощи гидравлических, винтовых или полистпастных устройств, установленных в переставной опорной раме, кран перемещается в вертикальном направлении через 2—3 этажа или поэтажно. Кран при бетонировании в скользящей опалубке должен иметь мертвую зону с наименьшим вылетом стрелы 2—2,5 м.

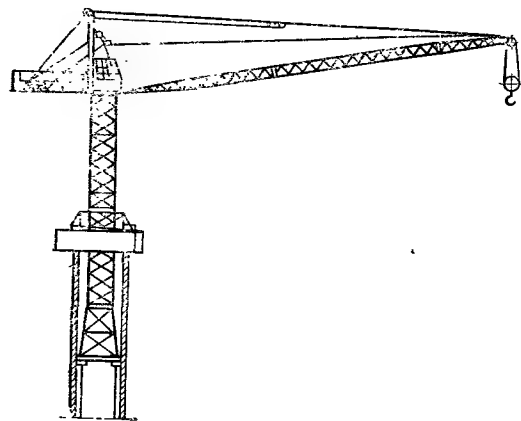


Рис. 11-6. Самоподъемный кран

Минимальный вылет стрел подъемных кранов «Либхерр» (ФРГ) и МВ-120 (ЧССР) равен нулю. Это позволяет наращивать башни перед подъемом на очередную отметку с помощью стрел. При установке на здании двух кранов для безопасности работы их монтируют с различной высотой башен. Так, в США на строительстве 38-этажного здания башни двух кранов «Либхерр» имели высоту 34 и 43 м. Высокий кран — полноповоротный, поворот крана меньшей высоты ограничен.

Для самоподъемных кранов не требуется надземных подкрановых путей, что позволяет монтировать здания в стесненных условиях и на сложном рельефе строительства.

При возведении зданий с небольшим объемом бетона могут применяться легкие краны, монтируемые на специальном помосте, закрепляемом под рабочим полом.

Для вертикального перемещения бетонной смеси, арматуры и других материалов применяют также скиповые подъемники и лифты. Однако при такой схеме подачи необходим и горизонтальный транспорт, что увеличивает трудоемкость работ. По этой причине более целесообразно использовать краны, обеспечивающие как вертикальную, так и горизонтальную подачу бетонной смеси и материалов.

Распределять бетонную смесь на этаже можно с помощью мотонорельсов, закрепляемых на опорах над домкратными рамами. Применяют также мототележки разного типа с опрокидывающимися кузовами. Но вследствие того что ими трудно маневрировать на этаже, чаще применяют одно- и двухколесные ручные тележки. Емкость кузова одноколесной тележки составляет 60—80 л, масса тележки с грузом составляет 150—200 кг, средняя производительность при подаче 0,75—1,25 м³/ч. Емкость кузова двухколесных тележек 0,1—0,23 м³/ч. Но они менее маневренны. Для подачи больших объемов бетона целесообразно применять бетононасосы, позволяющие значительно снизить затраты труда.

Для распределения смеси применяют также ленточные транспортеры, состоящие из унифицированных секций длиной от 9 до 24 м. Стрела секции может поворачиваться вокруг оси в горизонтальной плоскости и совершать возвратно-поступательное движение. В этих случаях необходим дополнительный контроль качества бетонной смеси и за работой транспортера. Недопустимы толчки и неравномерное движение транспортера, приводящие к расслоению смеси. С этой целью расстояние между опорами для равномерной подачи не должно превышать 100 см.

Выгружать бетонную смесь с транспортера нужно через воронки, чтобы обеспечить вертикальное падение ее для предохранения от расслаивания, притом на металлические листы. Бетонную смесь нужно выгружать на смоченный водой рабочий пол, чтобы предохранить бетон от образования раковин и пустот. Расслоившуюся смесь обязательно перемешивают. Укладывают ее в опалубку лопатами.

Опалубку заполняют сначала на высоту 60—70 см двумя или тремя слоями в течение 3—3,5 ч. Поднимать опалубку следует тогда, когда уложенный нижний слой приобретет прочность, достаточную, чтобы сохранить форму для выхода из опалубки. Вначале производят пробный подъем, чтобы убедиться, что бетон не оплывает. Заполняют опалубку до полной высоты при ее подъеме; закончить операцию следует в короткий срок. Скорость подъема опалубки устанавливают в зависимости от состава и характеристик бетона и условий его твердения. Подъем не должен быть слишком медленным, чтобы избежать сцепления бетона с опалубкой.

Начальный период подъема является одной из ответственных операций, характеризуется большими нагрузками на опалубку как от бокового давления бетонной смеси, так и вертикальных усилий подъема. Начало подъема опалубки нужно тщательно контролировать во избежание оплывания и срывов бетона, деформации и потери устойчивости опалубки.

В дальнейшем бетонную смесь укладывают равномерно по периметру опалубки слоями толщиной не более 20—25 см (до 20 см в тонкие стены). Каждый последующий слой укладывают до начала схватывания ранее уложенного. Ни в одной точке по всему периметру опалубки последующие слои нельзя укладывать до окончания укладки предыдущего слоя. Надо стремиться к тому, чтобы выходящий из-под опалубки бетон имел одинаковый возраст по всему периметру.

Выходящий из-под опалубки бетон должен сохранять форму и вместе с тем быть настолько мягким, чтобы остающиеся на нем следы можно было затереть теркой. Верхний уровень уложенной смеси должен быть ниже верха щитов опалубки примерно на 50 мм.

Перерывы между подъемами опалубки не должны превышать 8 мин, при вынужденных перерывах в бетонировании опалубку надо перевести на режим «шаг на месте» или медленно поднять до образования видимого зазора между опалубкой и бетоном. При этом расстояние между рабочим полом и уложенным бетоном должно быть не более 45—50 см.

Перед возобновлением подъема рабочий пол, щиты опалубки и поверхность старого бетона нужно промыть водой, а стык тщательно проверить и при необходимости заделать.

Уплотняют смесь глубинными вибраторами. В труднодоступных местах и при большом сосредоточении арматуры смесь дополнительно штыкуют.

Включенный вибратор не должен опираться на опалубку и арматуру. При недостаточно жесткой опалубке не следует работать одновременно двумя или несколькими вибраторами в пределах пролета между двумя домкратными рамами.

После уплотнения смеси щиты опалубки нужно очистить от налипшего бетона скребками.

При бетонировании в скользящей опалубке для повышения качества бетона и ускорения набора им прочности целесообразно применять вакуумирование. Внутренние вакуум-трубки, поднима-

емые вместе с опалубкой, закрепляют на нижнем конце защитной трубки. Вакуум-фильтр в виде перфорированной ленты можно закрепить на домкратной раме и сматывать при движении опалубки.

Для исключения подсоса воздуха и повышения эффективности вакуумирования щиты опалубки покрывают гибким материалом, плотно прилегающим к поверхности бетона при создании в нем разряжения. Для снижения трения при движении опалубки гибкий материал выполняют в виде бесконечной ленты или пленки, остающейся на поверхности стены при подъеме.

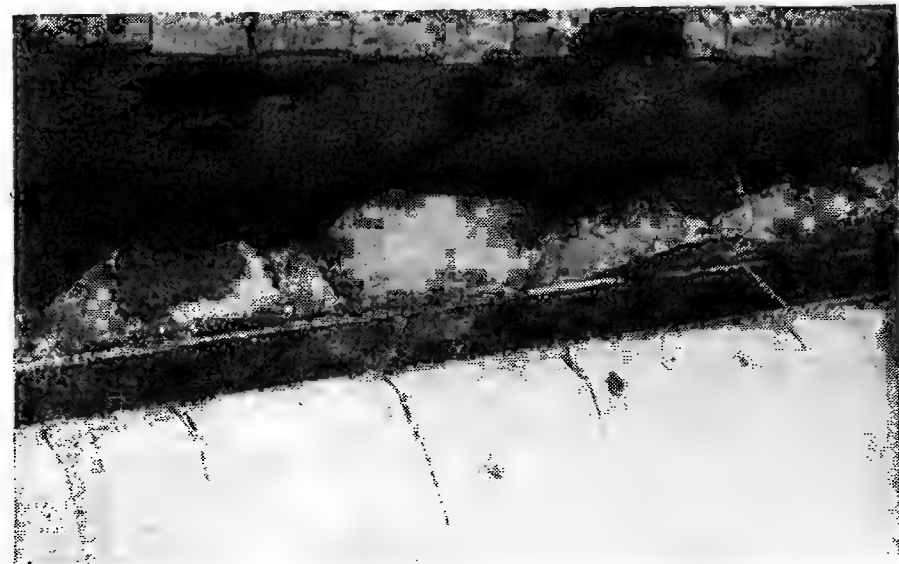


Рис. 11-7. Установка утеплителя

При бетонировании многослойных наружных стен в опалубку при подъеме дополнительно устанавливают слой утеплителя (рис. 11-7). В качестве утеплителя целесообразно использовать готовые блоки из легкого материала — керамзитобетонные, вспученное стекло и др.

Для того чтобы утеплитель не смещался при подъеме опалубки и вибрировании, его нужно надежно прикреплять в проектном положении к арматуре специальными крепежными приспособлениями и фиксаторами. Из-за смещения утеплителя образуются мостики холода и промерзают стены при эксплуатации зданий. Для предотвращения дефектов бетонирования многослойных стен целесообразно применять специальные фиксаторы или дополнительные внутренние щиты, устанавливаемые на домкратных рамах.

Можно устанавливать плиты утеплителя, совмещенные с облицовкой с наружной или внутренней стороны. В этом случае для

фиксации плит иногда применяют вакуумные присоски, установленные на щите опалубки. Щит в этом случае имеет вид решетки, а в качестве опалубки используют облицовочные плиты.

Оконные и дверные проёмы в монолитных стенах образуют путем установки черновых коробок, которые затем извлекают, или устанавливают дверные и оконные блоки с деревянными или металлическими образователями откосов. Проемообразователи необходимо надежно прикреплять к арматуре. Из-за перекосов и смещения коробок от проектного положения требуется затем вырубать бетон или добетонировать углы в переставной опалубке. Поскольку

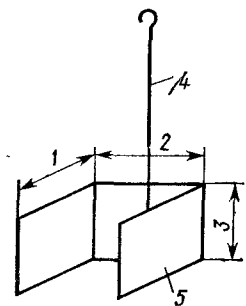


Рис. 11-8. Песочница:
1, 5 — грань по толщине стены; 2 — толщина штраба; 3 — высота; 4 — ручка

арматурные стержни могут смещаться от проектного положения, применяют также фиксаторы из уголков, скрепляющих установленный блок с двух сторон. Уголки наращивают по мере подъема опалубки, коробки прибивают к ним гвоздями или крепят другим способом. Способ фиксации с помощью специальных обрамляющих жестких уголков достаточно надежен, хотя и вызывает дополнительный расход металла.

Для предотвращения смещений коробок движущейся опалубкой толщину их следует принимать на 10—15 мм меньше толщины стен. Перед установкой коробок бетонная поверхность, на которую их устанавливают, должна быть выровнена и находиться на нижней отметке. Отметки установки коробок заранее

переносят на домкратные стержни или арматуру. В случае попадания домкратного стержня опалубки в проем его нужно дополнительно раскреплять. В этом случае применяют коробки с расположенными по выоте горизонтальными разъемными планками с отверстиями под домкратный стержень.

Более надежным является способ раскрепления стержня в столбе бетонной смеси, который бетонируют вокруг стержня, для чего устанавливают специальные перегородки. В дальнейшем такую бетонную перемышку срубают. Этот способ позволяет в дальнейшем извлекать домкратные стержни, что невозможно сделать при незначительном изгибе стержня при раскреплении его металлическими хомутами.

При использовании готовых дверных и оконных коробок их нужно раскреплять и фиксировать особенно тщательно. В других случаях целесообразно применять черновые коробки, исправлять дефекты после извлечения которых легче.

Для образования гнезд и отверстий в стенах применяют металлические песочницы (рис. 11-8). Их устанавливают между щитами опалубки в тот момент, когда уровень бетона окажется на нижней отметке гнезд или отверстий. Гнезда заполняют влажным песком. После бетонирования до верхней грани песочницу извлекают и по

верху устанавливают горизонтальную арматуру, препятствующую перемешиванию песка с бетонной смесью. Песок удаляется после бетонирования стен и гнезда промывают.

§ 4. Подъем скользящей опалубки

В период подъема опалубки необходимо строго контролировать проектное положение и горизонтальность рабочего пола, так как отклонение от горизонтали рабочего пола приводит к отклонениям возводимого сооружения от вертикали, перераспределению нагрузок на домкраты и их стержни, а также срывам бетона.

Горизонтальность опалубки контролируют по контрольным рейкам, установленным на домкрате, и рискам, нанесенным на домкратном стержне. Правильность положения рисок на домкратных стержнях проверяют ежедневно нивелиром.

По мере подъема контрольных реек риски переносят по домкратному стержню при помощи рейки или специального шаблона.

Выравнивание горизонтальности при подъеме домкратами с полуавтоматическими регуляторами происходит автоматически. Домкраты, работающие с опережением, по достижении упоров, установленных на одном горизонте, совершают «шаг на месте», в то время как остальные домкраты продолжают подъем до заданного уровня. Перестановка упоров при пользовании домкратами ОГД-64 с регуляторами горизонтальности АРГ-64У происходит автоматически по команде с насосной станции.

Систематическое отставание группы домкратов от остальных может привести к изгибу домкратных стержней, срывам бетона и необратимому выходу опалубки из проектного положения. Поэтому необходимо постоянно контролировать равномерность нагрузки на все домкраты и устранять причины перегрузок. При значительных перекосах иногда требуется ставить дополнительные домкраты. Перегрузка их возможна при неравномерном распределении временных грузов (арматуры, установке в одном месте бадей с бетонной смесью и т. д.). Возможны местное заклинивание опалубки, зацепление подмостей или арматуры, неравномерная укладка бетонной смеси, деформации опалубки, появление обратной конусности, проскальзывание зажимов домкратов, искривление домкратных стержней и т. д.

При отклонении стен сооружения от вертикали отключают часть домкратов со стороны, противоположной той, в которую отклонилось сооружение, и поднимают домкраты, установленные на противоположной стороне. Дальнейший подъем опалубки ведут при наклонном положении рабочего пола. При выравнивании стен сооружения рабочий пол постепенно приводят в горизонтальное положение. При незначительных изгибах домкратного стержня его усиливают приваркой с помощью накладок дополнительного стержня. При этом домкрат, опирающийся на изогнутый стержень, отключается на 2—3 цикла. При большом изгибе стержня и уложенного бетона изогнутую часть стержня срезают, новый стержень

приваривают. В случае изгиба стержня в теле бетона уложенный бетон удаляют, стержень срезают выше места изгиба и вытаскивают вверх. Оставшуюся верхнюю часть его осаживают и опирают на подкладку, отверстие в стене заделывают бетоном в переставной опалубке. Изогнутую защитную трубку также заменяют.

Чтобы уменьшить усилия подъема опалубки, для изготовления ее применяют материалы с небольшой адгезией к бетону, специальные ленты и прокладки. Трение стенок опалубки по бетонной смеси можно снизить пропусканием через бетон постоянного тока. Для этого токопроводящую облицовку опалубки подключают к отрицательному полюсу, положительным же полюсом служит арматура или специальный электрод, установленный в теле бетона.

Отсечение части опалубки. При возведении ступенчатых сооружений на определенной отметке приходится отсекаать часть опалубки. Для ускорения этой операции опалубку в месте отсечения изготавливают с разрезанным рабочим полом, части которого соединяют на съемных прокладках. Домкратные рамы и подвески подмостей должны быть независимы в отсеваемых частях и находиться с двух сторон отсечения, а стыки щитов — в непосредственной близости от места отсечения.

Бетонирование прекращают, когда рабочий пол находится на 30—50 см ниже горизонта отсечения. По достижении смесью отметки отсечения удаляют соединения отсекаемых частей. После отсечения внутренние подмости становятся наружными, в отсеченных частях щитов устанавливают заглушки, ограждения козырька переставляют на часть опалубки, продолжающую подъем. Примерные укрупненные показатели затрат при бетонировании в скользящей опалубке приведены в табл. 11-3.

Таблица 11-3

Укрупненные показатели затрат при бетонировании сооружений в скользящей опалубке

Виды работ	Общая стоимость, руб.	В том числе, руб.			Трудоемкость, чел-ч
		материалов	машин	заработная плата	
Подъем скользящей опалубки, на высоту 1 м:					
наружных стен	1,92	1,03	0,08	0,81	1,019
внутренних стен	1,70	0,92	0,07	0,71	0,835
Установка арматурных каркасов и сеток (без затрат на изготовление), 1 т каркасов	17,5	0,73	1,19	15,58	19,627
Установка теплоизоляционных плит (без затрат на изготовление плит), 1 м опалубки на 1 м	0,22	—	0,02	0,20	0,334
Бетонирование стен (без затрат на приготовление бетонной смеси), 1 м ³ бетона	3,69	—	1,72	1,97	2,379

§ 5. Отделка поверхностей стен

Вследствие того что качество поверхности бетона, выходящего из-под опалубки, недостаточно высокое, а из-за конусности опалубки появляется характерная поверхность в виде елочки, необходимо затирают поверхность выходящего из-под опалубки бетона с подвесных подмостей.

При наборе бетоном достаточной прочности поверхности затирают раствором вручную или с помощью затирочных машин. На поверхность иногда наносят различные рельефные рисунки с помощью специальных шаблонов или отделывают ее «под шубу» с помощью набрызга, раствором с добавлением крошки и т. д. Такие виды отделки наиболее приемлемы при бетонировании в скользящей опалубке, поскольку они позволяют скрыть дефекты поверхности, получаемые при бетонировании.

С наружных подмостей исправляют такие небольшие дефекты как срывы бетона, непробитые участки, сквозные отверстия и др.

При сухих ветрах и высокой температуре наружного воздуха бетон поливают водой и укрывают его фартуками.

Для одновременного нанесения штукатурного раствора при бетонировании можно применять опалубку, состоящую из двух взаимно смещенных поверхностей, когда нижняя поверхность опалубки смещена относительно верхней, формирующей, на величину наносимого фактурного слоя. Для подачи раствора применяют коллекторы, устраиваемые в нижней части формирующего щита (рис. 11-9).

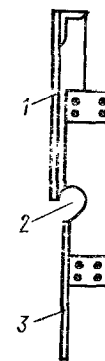


Рис. 11-9. Щит опалубки для подачи отделочного слоя (вид сбоку):

1 — палуба для формирования стен; 2 — коллектор для подачи раствора; 3 — палуба для формирования отделочного слоя

§ 6. Бетонирование перекрытий

Бетонировать перекрытия можно следующими способами: в переставной опалубке с отставанием от бетонирования стен на 2—3 этажа; непосредственно после возведения стен каждого этажа с остановкой скользящей опалубки; сверху вниз в опалубке, закрепляемой на вышерасположенном перекрытии; в опалубке, отсоединяемой на каждом этаже от скользящей; подъемом плит перекрытий, бетонируемых в подвальном помещении, лебедками и монтаж их.

Наиболее распространен метод бетонирования перекрытий с отставанием процесса от бетонирования стен. Часто применяют также способ бетонирования на каждом этаже с остановками скользящей опалубки. Этот способ имеет ряд преимуществ.

Применяют и другие методы бетонирования; некоторые из них отличаются оригинальностью, однако сложны в исполнении. Одним

из таких методов является бетонирование плит перекрытий в вертикальном положении в скользящей опалубке с последующим поворотом их вокруг шарнирного устройства и установкой в рабочее положение.

При бетонировании перекрытий с отставанием от процесса возведения стен скользящую опалубку останавливают на отметке верха перекрытия второго или третьего этажа от этажа, на котором бетонировали перекрытия, и после «шага на месте» опалубку без бетонной смеси поднимают на 30—40 см и останавливают. После этого разбирают настил рабочего пола и монтируют опалубку перекрытий.

Бетонную смесь подают любыми способами через отверстия в рабочем полу. Если замкнутые ячейки небольшие и опустить бадью с бетонной смесью невозможно над люком в рабочем полу или на специальной траверсе, опирающейся на стены, устанавливают воронку, от которой опускают хобот, направляющий бетонную смесь (рис. 11-10). К траверсе, опирающейся на стены здания, можно подвешивать также опалубку перекрытий.

При бетонировании зданий, состоящих из нескольких захваток, работы планируют так, чтобы на одной захватке бетонировались стены, а на других готовили опалубку и бетонировали перекрытия. Применяют обычно несколько комплектов опалубки перекрытий (3—4), которые последовательно переставляют. В то время как бетон пере-

крытий в одном комплекте опалубки набирает прочность, другой комплект распалубливают, а третий монтируют для бетонирования следующего перекрытия.

Для устройства перекрытий последовательно на каждом этаже с остановкой скользящей опалубки нужно применять опалубку с повышенной жесткостью, так как опалубку без бетонной смеси выводят выше отметки перекрытия и она зависит на домкратных стержнях значительной длины. При этом зависшая опалубка должна воспринимать горизонтальные и вертикальные нагрузки, в том числе ветровые, без изменения рабочего положения, деформаций и перекосов.

Щиты опалубки наружных стен по контуру сооружения выполняют большей высоты на 300—350 мм. Они служат торцовой опалубкой перекрытия и фиксируют поднятую опалубку по контуру сооружения. Схема бетонирования перекрытий по этому методу в четыре этапа, впервые примененному фирмой «Торнтон» (Англия), показана на рис. 11-11.

Бетонирование стен в скользящей опалубке прекращают по достижении отметки перекрытия. После этого опалубку с меньшей скоростью поднимают настолько, чтобы низ внутренних щитов оказался на уровне верхней отметки перекрытия, затем опалубку останавливают, снимают настил рабочего пола и бетонировали перекрытия. Далее скользящую опалубку заполняют бетоном и продолжают поднимать.

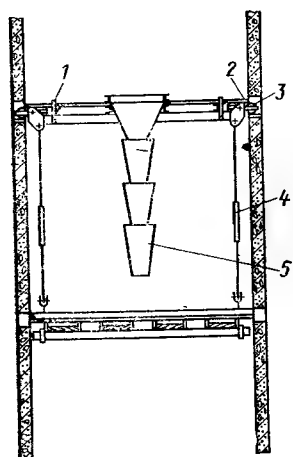


Рис. 11-10. Воронка для подачи бетонной смеси в опалубку перекрытий:

1 — балка; 2, 3 — опоры балки; 4 — подвеска опалубки перекрытий; 5 — направляющие бетонной смеси

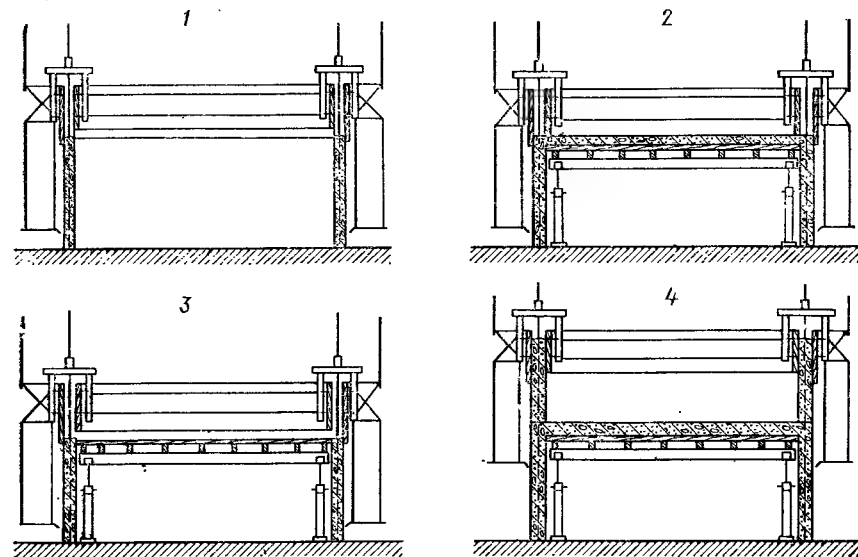


Рис. 11-11. Способ совмещенно-циклического метода бетонирования:

1 — подъем опалубки (бетонирование стен) до отметки перекрытия; 2 — бетонирование перекрытия; 3 — устройство опалубки перекрытия; 4 — подъем опалубки (бетонирование стен следующего этажа)

При этом методе требуется достаточно четкое и тщательное исполнение работ. Опалубка должна иметь повышенную жесткость и быть более металлоемкой, чем при других методах бетонирования перекрытий. Ввиду того что домкратные стержни при подъеме опалубки без бетонной смеси на каждом этаже имеют достаточно большую свободную высоту и не раскреплены в теле бетона, необходимо применять стержни большей несущей способности или дополнительно раскреплять их. Для уменьшения свободной высоты стержней целесообразно применять защитные трубки повышенной жесткости и длины с дополнительным жестким закреплением к домкратным рамам. В противном случае требуется чаще устанавливать домкратные рамы. При этом наиболее ответственный момент начала подъема опалубки, связанный с более высокими первоначальными нагрузками, повторяется на каждом этаже.

Для увеличения несущей способности стержней и устойчивости поднятой опалубки применяют также описанную ниже схему бето-

нирования. По достижении опалубкой отметки перекрытия и при дальнейшем ее подъеме продолжают бетонировать части стен, которые не являются опорными для перекрытий или в них устраивают штрабы для опирания перекрытия. В последнем случае можно бетонировать также все стены. Поднятую над перекрытием скользящую опалубку опирают на забетонированные стены и домкратные стержни, находящиеся в теле бетона.

Достаточно распространен также способ устройства сборно-монолитных перекрытий. Для этого в стенах устраивают штрабы или сквозные опорные гнезда и после бетонирования стен на них закрепляют опорные столики. На них последовательно снизу вверх устанавливают сборные плиты, которые затем омоноличивают по контуру. Монтаж сборных плит в этом случае обычно ведут после бетонирования стен на всю высоту и демонтажа скользящей опалубки. Однако монтаж перекрытий после возведения короба здания приходится вести вслепую, а это вызывает много технических трудностей. Здание в этом случае нужно рассчитывать на восприятие горизонтальных нагрузок при работе без перекрытий, вследствие чего армирование стен нужно усиливать.

Технико-экономические показатели бетонирования в скользящей опалубке междуэтажных перекрытий 16-этажного здания с часто расположенными несущими стенами приведены в табл. 11-4.

Таблица 11-4

Технико-экономические показатели междуэтажных перекрытий на 1 м²

Показатели	Монолитные перекрытия		Сборно-монолитные перекрытия из железобетонных панелей
	из тяжелого бетона марки 200	из легкого бетона	
Расход материалов:			
тяжелого бетона, м ³	0,143	—	0,141
легкого бетона, м ³	—	0,143	—
стали натуральной, кг	5,0	6,0	7,0
	1,354	1,402	2,018
Суммарная трудоемкость, чел-ч	100,0	103,5	149,0
В том числе:			
изготовление конструкций и полуфабрикатов (бетонная смесь, арматурные каркасы), чел-ч	0,312	0,354	1,432
затраты труда:			
на площадке, чел-ч	1,042	1,048	0,586
на монтаже, %	100,0	100,6	56,2
на монтаж сборных перекрытий, чел-ч	—	—	0,362
на бетонирование конструкций, включая остановку и демонтаж опалубки, чел-ч	0,042	1,048	0,224
Стоимость конструкции в деле, руб.	6,85	7,77	7,60
В том числе накладные расходы, руб.	100,0	113,4	110,9
	1,01	1,01	1,15

§ 7. Демонтаж опалубки

При разборке скользящей опалубки нельзя допускать повреждений элементов и потерь крепежных деталей. Все элементы опалубки следует опускать вниз осторожно с помощью грузоподъемных механизмов. При демонтаже опалубки нужно обеспечить устойчивость тех элементов, которые разбирают позже.

Перед началом демонтажа нужно переопереть опалубку на доски, подкладываемые под нижние кружала щитов. Можно применять также штыри (рис. 11-12), пропускаемые через стенку, на

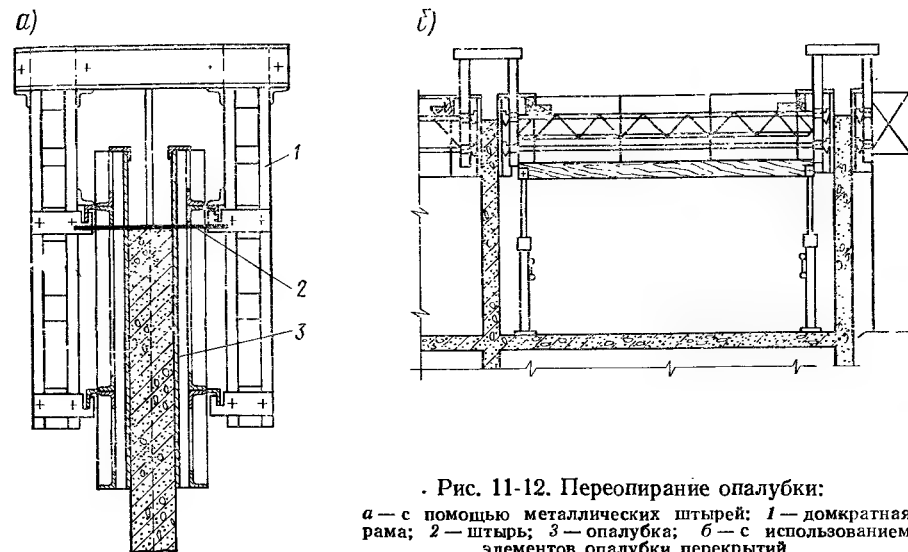


Рис. 11-12. Переопирание опалубки:

а — с помощью металлических штырей: 1 — домкратная рама; 2 — штырь; 3 — опалубка; б — с использованием элементов опалубки перекрытий

которые опирают нижние кружала щитов. Для опирания опалубки следует использовать поддерживающие элементы опалубки перекрытий — телескопические стойки, прогоны и балки. После переопирания домкратные стержни извлекают, демонтируют систему подъема опалубки, электрооборудование (рис. 11-13). Затем демонтируют опалубку крупными блоками. Для этого снимают настил козырька, с наружных подмостей рассоединяют щиты отдельных блоков, частично разбирают настил наружных подмостей.

Блок стропуют за боковые стойки домкратных рам, снимают ригели домкратных рам и опускают на землю блок наружных щитов опалубки вместе с наружными стойками домкратных рам и подвесками наружных подмостей и кронштейнами козырька. Окончательно опалубку разбирают на земле. Для установки короба опалубки вместе с подмостями на земле устраивают козлы высотой 1,7—1,9 м.

Скользящую опалубку после окончания возведения стен поднимают выше их уровня и под нижние кружала щитов заводят опорные доски. После этого снимают домкраты, извлекают домкратные

стержни, снимают ригели домкратных рам в тех местах, где опалубка разделена на блоки. Короба опалубки демонтируют краном. После демонтажа их можно не разбирать и перевозить на новое место бетонирования на трейлерах.

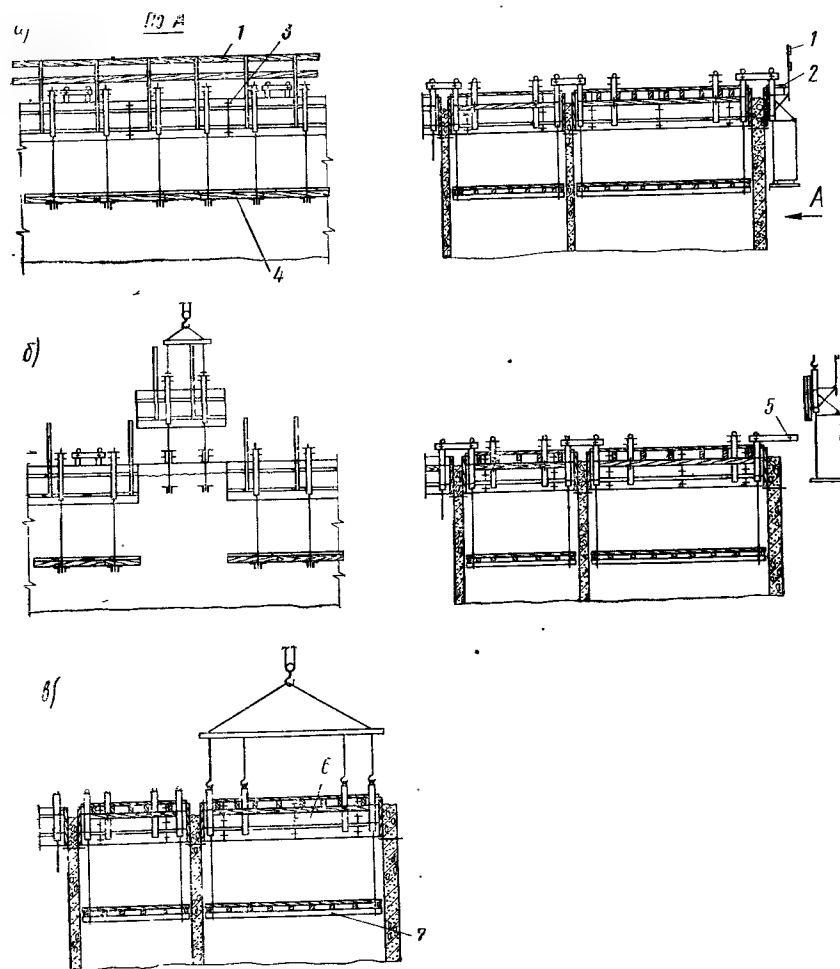


Рис. 11-13. Демонтаж опалубки:

а — I этап — разбираются настил козырька; стыки щитов; частично разбирается настил наружных подмостей; б — II этап — производится строповка блока, разбирается узел крепления стойки с ригелем рамы, блок опускается на землю; в — III этап — снимаются ригели домкратных рам; производится демонтаж внутренних коробов и подмостей; 1 — ограждение; 2 — настил; 3 — соединительные болты; 4 — настил; 5 — ригель домкратной рамы; 6 — блок; 7 — подмости

Если для извлечения домкратных стержней используют ручные приспособления типа РП-60, демонтировать гидрооборудование можно до их извлечения.

В качестве тянущего и фиксирующего устройства в приспособлении РП-60 используют верхние зажимные устройства домкрата ОГД-61, поставленные в перевернутое положение. При движении рычага вниз подвижной зажим, заклинивающий домкратный стержень, вытягивает его вверх на величину хода рычага. При этом нижнее зажимное устройство автоматически расклинивается и свободно пропускает стержень. При движении рычага верхнее зажимное устройство расклинивается и скользит вниз по стержню, а нижний зажим под действием массы извлекаемого стержня заклинивает его и фиксирует в поднятом положении.

Реверсивный домкрат РГД-66 работает при наличии двойной гидроразводки: рабочая жидкость подается в домкрат насосной станцией АНС-125Б. При этом станцию настраивают на реверсивный режим, при котором рабочая жидкость подается то по одному, то по другому трубопроводу.

ГЛАВА 12

СПЕЦИАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ БЕТОНИРОВАНИЯ

§ 1. Торкретирование и набрызг-бетон

Способ торкретирования заключается в нанесении на вертикальные, наклонные и горизонтальные поверхности одного или нескольких защитных слоев цементно-песчаного раствора (торкрета) при помощи цемент-пушки или бетонной смеси, нагнетаемой бетон-шприцмашиной.

Этот способ применяют для укрепления поверхностей тонкостенных конструкций в односторонней опалубке (куполов, сводов, оболочек, резервуаров), для нанесения плотного и водонепроницаемого защитного слоя подземных сооружений, а также для замоноличивания швов, исправления дефектов в бетоне, при ремонтно-восстановительных работах и для усиления железобетонных конструкций.

Для торкретирования применяют высокомарочные цементы. В обычных условиях используют портландцемент марки 500, а для омоноличивания, создания водонепроницаемых облицовок и ремонта быстротвердеющий цемент. Песок должен быть по возможности чистым, сухим и не содержать зерен более 8 мм. Для ускорения схватывания смеси в воду затворения растворяют добавки. Комплект оборудования для торкретирования состоит из цемент-пушки, компрессора, бака для воды, воздушных и материальных шлангов и сопла (рис. 12-1).

Сухую цементно-песчаную смесь соответствующего состава, приготовленную в смесителе, загружают в цемент-пушку. Под давлением сжатого воздуха 2—3,5 кг/см² смесь подается по материальному шлангу в сопло. Одновременно в сопло поступает вода из ба-

ка, давление которой должно быть на 1—1,5 кгс/см² выше, чем в цемент-пушке. Увлажненная смесь, вылетая из сопла со скоростью до 100 м/с, ударяется о торкретируемую поверхность и прилипает к ней. В результате образуется плотный и прочный слой торкрет-бетона. Некоторая часть цементно-песчаной смеси отскакивает от поверхности и падает у места торкретирования. Эти потери называют отскоком.

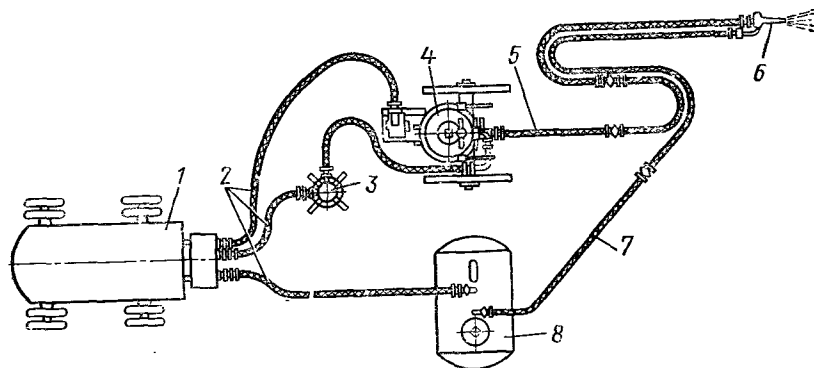


Рис. 12-1. Оборудование для торкретирования:

1 — компрессор; 2 — воздушные шланги; 3 — воздухоочиститель; 4 — цемент-пушка; 5 — материалный шланг; 6 — сопло; 7 — шланг для воды; 8 — бак для воды

Для уменьшения отскока в воду затворения добавляют поверхностно-активные вещества (абиеатат натрия, мылонафт), которые увеличивают клеящую способность смеси.

Перед торкретированием тонкостенных конструкций устанавливают и закрепляют одностороннюю опалубку, оставляя одну сторону открытой для нанесения торкрета, и монтируют арматуру. Перед нанесением защитных обделок, ремонтом и омоноличиванием тщательно очищают и промывают поверхности. Для обеспечения лучшего сцепления слоя торкрета с бетоном на гладких поверхностях делают надсечку. Перед торкретированием проверяют исправность всех механизмов, чистоту и соединения шлангов, а также наносят пробу торкрета на переносной деревянный щит.

Для получения плотного торкрета и уменьшения отскока сопла при нанесении следует держать на расстоянии 0,7—1,0 м от торкретируемой поверхности, а струю смеси направляют перпендикулярно ей. Чтобы получить слой торкрета равномерной толщины, сопло в процессе нанесения перемещают круговыми движениями.

На вертикальные, наклонные и криволинейные поверхности торкрет наносят снизу вверх. Чтобы свеженанесенный торкрет не сползал с них, регулируют подачу воды в смесь и толщину слоев, которую контролируют по маякам. Оптимальная толщина слоя торкрета, нанесенного за одну проходку, составляет 25—30 мм.

Потолки торкретируют в несколько слоев, полы — сразу на всю толщину.

При многослойном торкретировании время между нанесением отдельных слоев устанавливает строительная лаборатория. Это время должно быть таким, чтобы под действием струи смеси не разрушался предыдущий слой торкрета. С другой же стороны, для обеспечения втапливания свежего слоя в ранее нанесенный и лучшего их сцепления максимальный перерыв не должен превышать времени схватывания цемента.

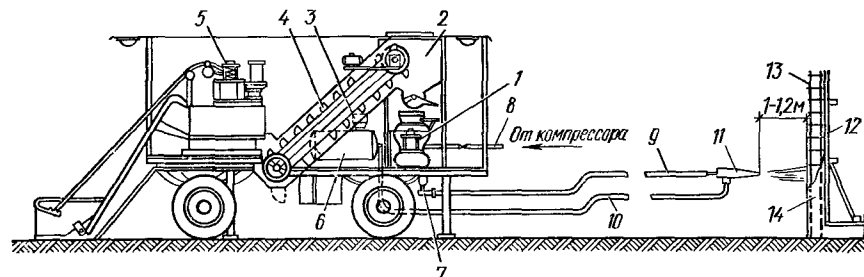


Рис. 12-2. Установка для набрызг-бетона:

1 — набрызг-машина; 2 — расходный бункер; 3, 6 — бак для воды; 4 — наклонный элеватор; 5 — смеситель; 7 — выходной штуцер; 8 — воздушный шланг; 9 — материалный шланг; 10 — шланг для воды; 11 — сопло; 12 — опалубка; 13 — арматура; 14 — набрызг-бетон

Для получения гладких поверхностей, бетонируемых методом торкретирования, сразу же после нанесения последнего слоя его заглаживают и затирают стальными гладилками или полутерками. Затем поверхность железнят. После такой обработки получают конструкции с гладкими поверхностями, отличающимися плотностью, водонепроницаемостью и морозостойкостью.

Метод набрызг-бетона применяют для возведения тонкостенных конструкций, обделки туннелей, омоноличивания швов, а также для исправления дефектов бетона и ремонтных работах. В отличие от торкрет-бетона смесь, наносимая набрызгом, содержит помимо цемента и песка также щебень или гравий крупностью до 25 мм.

Бетон способом набрызга наносят на вертикальные, наклонные и горизонтальные поверхности. Перед началом работ устанавливают одностороннюю опалубку и арматуру, очищают и промывают поверхности.

Комплект оборудования для нанесения набрызг-бетона смонтирован на двухосном прицепе (рис. 12-2). В него входят бетоносмеситель принудительного действия со скиповым подъемником, многоковшовый элеватор, бункер-накопитель, набрызг-машина типа С-630А, два бака для воды, шланги, сопло и компрессор.

Сухую смесь, приготовленную в смесителе, подают элеватором в бункер, а из него загружают набрызг-машину. Под давлением воздуха в 4—5 кгс/см² смесь по шлангу подается в сопло, в смесительную камеру которого поступает вода. Увлажненная смесь вылетает из сопла со скоростью 120 м/с. Оптимальное расстояние

между бетонируемой поверхностью и соплом составляет 1—1,2 м. Вращательные движения сопла обеспечивают равномерную толщину слоя, которая должна быть 50—70 мм.

Бетонирование методом набрызг-бетона обеспечивает высокое качество поверхностей конструкций. Набрызг-бетон имеет плотную структуру, высокую прочность, водонепроницаем и морозостоек. Сменная производительность установки, показанной на рис. 12-2, обслуживаемой тремя рабочими, достигает 18—21 м³, что обеспечивает весьма высокую выработку на одного человека — 6—7 м³ в смену.

§ 2. Подводное бетонирование

Подводным бетонированием называют укладку бетонной смеси под водой без водоотлива. Этот способ применяют при возведении подводных частей туннелей, опор мостов, днищ опускных колодцев и ремонте гидросооружений.

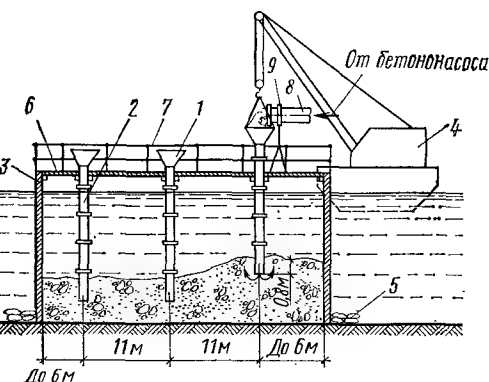


Рис. 12-3. Подводное бетонирование методом вертикально перемещающихся труб (ВПТ):

1 — загрузочная воронка; 2 — звенья труб; 3 — опалубка; 4 — плавучий кран; 5 — мешки с цементом; 6 — рабочий пол; 7 — ограждение; 8 — бетоновод; 9 — стойка

(рис. 12-3). Трубы состоят из звеньев длиной 0,5—1,0 м, соединенных фланцами. В верхней части труб имеются загрузочные воронки, а внизу — клапаны, открываемые с подмостей. Радиус действия одной трубы около 6 м. Для получения качественного бетона расстояние между трубами принимают 10—11 м.

Блок бетонирования ограждают шпунтовым рядом, который одновременно выполняет роль опалубки.

Осадка конуса бетонной смеси, укладываемой методом ВПТ, должна быть 14—16 см при ее виброуплотнении и 16—20 см при укладке без вибрации. Крупность заполнителя не должна превышать 30—40 мм. В такие смеси нужно обязательно вводить пластифицирующие добавки.

Под воду бетонную смесь подают бетононасосы, пневмонагнетатели или другие механизмы, обеспечивающие непрерывность бетонирования.

Трубы с закрытыми нижними клапанами устанавливают так, чтобы нижние их торцы не доходили до дна на 15—20 см. Бетонную смесь загружают в трубы доверху, после чего открывают клапаны. Смесь, которую продолжают подавать через воронки, выходит из нижних торцов труб, образуя у трубы конусы. Последующие порции смеси, выходящие из трубы, не соприкасаются с водой, так как торец трубы должен быть заглублен в слой смеси не менее чем на 0,8 м при глубине бетонирования 10 м и не менее чем на 1,5 м при глубине до 20 м.

По мере увеличения слоя уложенного бетона трубы периодически поднимают и демонтируют затем звено у воронки. При подъеме нижний конец трубы оставляют в бетоне.

При способе вертикально перемещающихся труб требуется непрерывная и быстрая укладка бетонной смеси. При соблюдении правил производства работ он позволяет получить бетон хорошего качества. Применяют этот способ при бетонировании на глубине от 1,5 до 50 м.

Метод восходящего раствора заключается в нагнетании в каменную наброску или гравийно-щебеночную отсыпку цементного раствора (рис. 12-4). Трубы для подачи раствора диаметром 37—100 мм ставят в ограждающие шахты из швеллеров или помещают непосредственно в каменную наброску. Радиус действия одной трубы 3 м при заливке раствора в каменную наброску и 2 м при заливке в щебеночную отсыпку.

Цементный раствор или тесто с осадкой конуса 10—12 см подают с помощью растворонасосов в песчано-щебеночную отсыпку, если высота блока бетонирования превышает 10 м. В остальных случаях раствор заливают в трубу через воронку и он под собственной тяжестью проникает в кладку.

При нагнетании раствор, выходя из нижнего торца трубы и поднимаясь снизу вверх, вытесняет из пустот воду, заполняет их — так создается бетонный монолит.

Трубы, помещенные в каменную наброску, оставляют в бетоне. При заливке через ограждающие шахты трубы по мере повышения

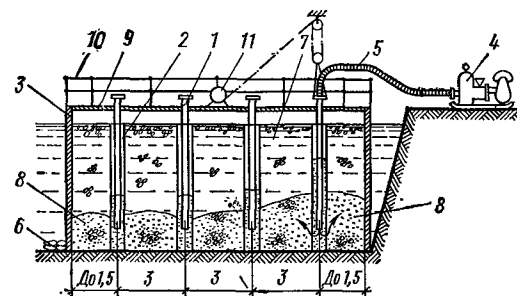


Рис. 12-4. Подводное бетонирование методом восходящего раствора (ВР):

1 — труба; 2 — шахта; 3 — шпунтовое ограждение (опалубка); 4 — растворонасос; 5 — шланг; 6 — каменно-щебеночная отсыпка; 7 — вода; 8 — раствор; 9 — настил; 10 — ограждение; 11 — лебедка

уровня раствора в шахте поднимают, оставляя нижний конец трубы длиной 0,8—1,0 м в растворе.

Преимущество этого метода по сравнению с методом ВПТ заключается в том, что вместо бетонного завода используют растворосмесительную установку меньшей производительности. Кроме того, в результате раздельной укладки крупного заполнителя и раствора уменьшается вероятность расслоения бетона.

Этот метод применяют для бетонирования в стесненных условиях густоармированных конструкций, а также для укладки бетона на больших глубинах (30—50 м).

К недостаткам метода восходящего раствора следует отнести ненадежное заполнение пустот раствором и снижение качества бетона, расход труб и металла на устройство шахт, а также необходимость тщательного подбора гранулометрического состава песка для раствора.

Метод втрамбовывания и бетонной смеси состоит в укладке новых порций смеси на островки из ранее свежесложенного бетона с последующим втрамбовыванием этой порции (рис. 12-5). Задача при этом заключается в том, чтобы исключить соприкосновение с водой укладываемых порций смеси.

Для бетонирования этим методом применяют смесь с осадкой конуса 5—7 см и крупностью заполнителя 30—40 мм. Пионерный островок из смеси создают в одном из углов блока бетонирования. Новые порции смеси укладывают и втрамбовывают не ближе 20—30 см от уреза воды. Уплотняют смесь вибрированием или трамбованием.

Этот метод применяют для подводного бетонирования на глубине до 1,5 м при условии, чтобы верх бетонизируемой конструкции был выше уреза воды. Один из размеров блока бетонирования в плане должен быть больше удвоенной глубины.

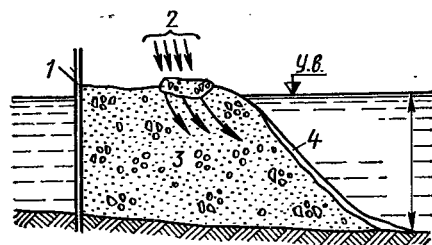


Рис. 12-5. Подводное бетонирование методом втрамбовывания

1 — стенка ограждения; 2 — втрамбовывание; 3 — увлажненная бетонная смесь; 4 — расслаивающийся слой

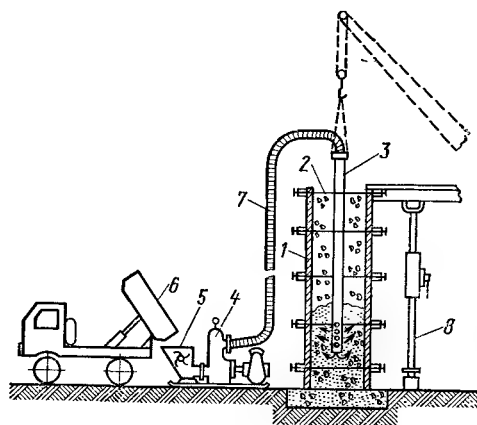


Рис. 12-6. Схема раздельного бетонирования:

1 — опалубка; 2 — щебень; 3 — труба-инжектор; 4 — растворонасос; 5 — активатор; 6 — автобетоновоз; 7 — шланг; 8 — стойка

Укладку бетонной смеси в мешках следует рассматривать как вспомогательный метод, который применяют при небольших объемах работ, для уплотнения щелей между дном и опалубкой, а также в аварийных случаях.

Бетонную смесь, укладываемую в мешках из редкой, но прочной ткани готовят на щебне с крупностью заполнителя 40 мм и осадкой конуса 2—5 см. Объем смеси в одном мешке 10—20 л. Мешки со смесью укладывают водолазы, тщательно прижимая их один к другому.

§ 3. Способ раздельного бетонирования

Сущность способа состоит в раздельной укладке крупного заполнителя и раствора. Сначала в опалубку укладывают крупный щебень, а затем в пустоты между его зернами нагнетают цементно-песчаный раствор.

Способ раздельного бетонирования применяют для возведения массивных и тонкостенных, неармированных и густоармированных конструкций.

Для раздельного бетонирования применяют щебень (гравий) из прочных и плотных горных пород.

В опалубку массивных и малоармированных конструкций укладывают смесь из двух фракций щебня: мелкой диаметром 30—40 мм и крупной, размер зерен которой превышает размер зерен мелкой в 6—10 раз, составляя 150—300 мм. Максимальная крупность щебня ограничена сечением бетонизируемой конструкции.

Чтобы облегчить введение цементного раствора в каменно-щебеночную наброску, объем зерен мельче 15—20 мм в ней не должен превышать 5—10%. Укладывают щебень в неармированные массивы отсыпкой из бункеров или контейнеров, подаваемых кранами. Одновременно с этим устанавливают трубы-инжекторы диаметром 50—100 мм для нагнетания раствора.

В опалубку тонкостенных густоармированных конструкций укладывают щебень одной фракции; крупность его зерен 30—40 мм. Щебень укладывают из бадей после монтажа арматуры и установки труб-инжекторов. В тонкостенные или густоармированные конструкции при укладке щебня вибрируют опалубку наружными вибраторами. Пустотность однофракционной щебеночной отсыпки составляет 42—47%.

Цементно-песчаный раствор, нагнетаемый в каменно-щебеночную кладку, готовят на портландцементе или шлакопортландцементе марки 400—500 с началом схватывания 2,5—3,5 ч. Песок не должен содержать зерен крупнее 2,5 мм, чтобы не снижать подвижность раствора. Водоцементное отношение принимают равным 0,42—0,55; при этом обеспечивается осадка конуса 10—14 см.

Большие объемы раствора готовят на центральных растворосмесительных узлах. Для увеличения подвижности раствора перед нагнетанием его подвергают активации — интенсивно перемешивают в турбулентном активаторе.

При высоте бетонной конструкции до 1,2 м раствор заливают сверху, в остальных случаях нагнетают через трубы-инъекторы (рис. 12-6). В нижней части трубы имеют перфорацию на участке длиной 0,25—0,5 м. Нагнетают раствор непрерывно растворонасосами снизу вверх под давлением 1,5—2 кгс/см². По мере нагнетания трубы поднимают кранами или лебедками.

Раздельное бетонирование позволяет получить следующие преимущества; уменьшить объем перемешиваемых материалов, что, в частности, вследствие раздельной доставки на объект раствора и щебня упрощает технологическую схему и делает ее менее чувствительной к различным перерывам и неполадкам; исключить рабочие швы, возникающие при послойной укладке, что увеличивает монолитность конструкций.

К недостаткам этого метода следует отнести трудность контроля за качеством нагнетания раствора и более высокие требования к опалубке: она должна быть растворонепроницаемой и обладать повышенной жесткостью.

§ 4. Основы технологии полимерцементных бетонов и пластбетонов

Полимерцементным бетоном называют искусственный каменный материал, связующими которого являются полимер и цемент, заполнителями — песок и щебень. В отличие от обычных бетонов с модифицирующими добавками (ГКЖ-94, винсол), которые из-за малых количеств практически не меняют структуру бетона, содержание полимера в полимерцементных бетонах достаточно велико. Это позволяет получать материалы с новыми свойствами. Они имеют меньшую массу, морозостойки, обладают несколько большей прочностью по сравнению с обычными, повышенной износостойкостью.

Полимерцементные бетоны получают тремя способами:

введением в бетон при смешивании водных дисперсий полимеров (поливинилацетата или синтетического каучука), распадающихся в бетонной смеси с выделением воды, при этом обезвоженный полимер выполняет роль дополнительного связующего;

добавлением в воду затвердения водорастворимых мономеров и полимеров (фуранового и поливинилового спиртов, эпоксидных, фенолформальдегидных смол и т. п.) с последующим их отверждением в бетоне нагревом или с помощью отвердителей;

пропиткой бетона на необходимую глубину маловязкими полимерами (карбамидами, лаком «этиноль», стиролом), которые отверждаются непосредственно в бетоне.

Заполнителями для полимерцементных бетонов служат кварцевые или дробленые пески, а также щебень прочных и плотных горных пород крупностью не более 20 мм. Применяют также полимерцементные мелкозернистые растворы.

Оптимальное содержание полимера типа поливинилацетата составляет от 15 до 20% к массе цемента в пересчете на сухое ве-

щество. При этом наилучшим образом используются свойства как цемента, так и полимера. При такой дозировке в полимерцементном бетоне сохраняется сплошность цементного геля, а полимер, обволакивая цементные сrostки и зерна заполнителя, дополнительно склеивает их. При увеличении полимера сплошность цементных новообразований нарушается, из-за чего снижается прочность полимерцементных бетонов.

Оптимальное содержание водорастворимого карбамидного полимера С-89, а также эпоксидных полимеров ДЭГ-1 и ТЭГ-17 около 2% по отношению к массе цемента. При этом водоцементное отношение бетонной смеси можно понизить до 0,29—0,30 без ущерба для ее удобоукладываемости, а также стойкости в агрессивных средах. Применяя различные полимерные составляющие, можно получить полимерные бетоны, стойкие к действию нефтепродуктов, жиров и растворов солей.

Полимерцементные бетоны применяют для устройства износостойчивых полов, аэродромных покрытий, резервуаров под нефтепродукты, а также монолитных конструкций для работы в агрессивных средах.

Для приготовления полимерцементных смесей применяют лопатные мешалки или вибросмесители. При механическом перемешивании смесь насыщается воздухом, в бетоне образуются мелкие поры, равномерно распределенные по объему. Вследствие того, что полимерцементные бетоны применяют пока в небольших объемах, их смеси готовят в смесителях, расположенных вблизи места укладки.

Полимерцементные смеси обладают повышенной вязкостью, поэтому виброуплотнять их при низких частотах (3000 кол/мин) малоэффективно. Воздух не удаляется из бетона, структура его получается чрезмерно пористой и рыхлой. Более целесообразно высокочастотное вибрирование, а для жестких смесей трамбование и вибропрессование.

Полимерцементные бетоны, приготовленные на водных дисперсиях полимеров, выдерживают в воздушно-сухих условиях, бетоны же с добавками эпоксидных и карбамидных полимеров быстро твердеют во влажных условиях.

Пластбетоны — искусственные конгломераты, получаемые целиком на органических полимерных связующих. Они являются, по существу, пластмассами с минеральными наполнителями различной крупности.

Связующими в пластбетонах служат маловязкие термореактивные полимеры (фенолформальдегидные, фурановые, полиэфирные и эпоксидные), которые при добавлении отвердителей и в определенных условиях твердеют, склеивая компоненты в прочный конгломерат. Обычно применяют пластбетоны составов 1:5—1:15 (полимер: наполнитель по массе).

Для отверждения полимеров применяют керосиновый контакт Петрова, сульфокислоты и минеральные кислоты, полиэтиленполиамин, диэтилентриамин и др.

В качестве наполнителей применяют чистые пески с крупностью зерен 0,6—2,5 мм и содержанием глинистых и пылеватых частиц не более 0,5%. Щебень и гравий также должны быть сухими и чистыми и иметь крупность не более 20 мм. Помимо гранитного щебня в качестве наполнителей применяют андезитовый и баритовый, а также измельченный трепел и графит в зависимости от назначения пластбетона.

Прочностные свойства пластбетонов определяются свойствами связующего и наполнителя, а также адгезией между ними. Пластбетоны обладают высокой прочностью, особенно при растяжении и изгибе. Так, прочность при изгибе некоторых пластбетонов на эпоксидных полимерах достигает 350—450 кгс/см².

Пластбетоны практически водонепроницаемы, морозостойки; они хорошо сопротивляются износу, стойки в агрессивных средах. Например, стойкость их против действия кислот в 10 раз выше, чем у обычных бетонов.

Пластбетоны целесообразно применять для гидроизоляционных и антикоррозионных облицовок. Их используют для получения износостойчивых полов, в аэродромных покрытиях, а также для возведения частей зданий и сооружений, эксплуатируемых в агрессивных средах.

Пластбетонные смеси готовят в небольших объемах непосредственно у мест их укладки из-за быстрого их твердения. В лопастный смеситель загружают наполнители, затем полимерные связующие. После 3—4-минутного перемешивания и получения однообразной массы вводят отвердитель и перемешивают в течение 5—8 мин.

Приготовленную порцию смеси сразу же укладывают в дело. Уплотняют ее трамбованием или штыкованием.

Твердеют пластбетоны лучше в сухих условиях при 50—100°С. Повышение относительной влажности выше 60% снижает прочность пластбетонов, особенно на полиэфирных полимерах. Составы на эпоксидных полимерах менее чувствительны к повышенной влажности. Время прогрева уложенных пластбетонов составляет 4—8 ч в зависимости от вида полимера и состава смеси. При твердении пластбетонов происходит их усадка, величина которой зависит от вида и количества полимера.

§ 5. Охрана труда

К работам по торкретированию и набрызгу бетона можно допускать только специально обученных рабочих. Перед началом торкретирования все сосуды, работающие под давлением (баки, ресиверы и т. п.), должны быть испытаны в соответствии с требованиями Госгортехнадзора.

Соединения материальных и воздушных шлангов должны быть надежными и в то же время быстроразъемными.

Рабочее место сопловщика не должно быть стеснено. Сопловщик должен работать в специальной одежде, защитной маске и

очках. Между сопловщиком и оператором цемент-пушки или набрызг-установки должны быть зрительная или звуковая связь.

При торкретировании или способе набрызг-бетона в закрытых помещениях (резервуарах, туннелях) необходимо обеспечить надежную их вентиляцию и хорошее освещение.

К выполнению подводного бетонирования допускаются только специально обученные исполнители. Все подводные работы следует выполнять при отсутствии сильного ветра и волны. Особую осторожность нужно соблюдать при подаче бетонной смеси в загрузочные воронки, во время периодического подъема подающих труб, при сбрасывании в воду камня и щебня.

При нагнетании раствора в каменную наброску необходимо тщательно наблюдать за величиной рабочего давления, а также за соединением шлангов и подающих труб.

Водолазные работы выполняют в соответствии с ведомственной инструкцией по охране труда.

Следует помнить, что некоторые полимеры, их разбавители и отвердители токсичны. Поэтому перед началом работ по укладке полимерцементных бетонов и пластбетонов исполнители должны пройти соответствующий инструктаж по безопасным методам работ и получить индивидуальные средства защиты (резиновые перчатки, респираторы и т. д.).

Лицам, на кожу или в организм которых попало токсичное вещество, должна быть немедленно оказана медицинская помощь. Помещения, в которых ведут работы, должны быть обеспечены надежной вытяжной вентиляцией и средствами огнетушения.

ГЛАВА 13

ОСОБЕННОСТИ БЕТОНИРОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ СУХОГО И ЖАРКОГО КЛИМАТА

§ 1. Влияние преждевременного обезвоживания на свойства бетона

В зоне сухого и жаркого климата (Средняя Азия, Южный Казахстан, Нижнее Поволжье, а также часть Закавказья и юга Украины) летом температура наружного воздуха достигает 35—42°С при относительной влажности 10—25%, интенсивной солнечной радиации и частых ветрах.

Технология бетонных работ в таких условиях имеет свои особенности, поскольку быстрое обезвоживание бетона в воздушной среде с низкой относительной влажностью замедляет и даже прекращает процессы гидратации цемента.

При быстром высушивании бетона прочность его на сжатие снижается на 45—50% по сравнению с образцами нормального хранения.

Преждевременное обезвоживание особенно отрицательно сказыв-

вается на прочности бетона при растяжении и изгибе, а также на его модуле упругости, который снижается на 50—55 %.

Интенсивное испарение свободной воды из бетона увеличивает его пористость, снижает морозостойкость, атмосферостойкость и водонепроницаемость. В этой связи особенно нежелательна укладка сильно пластичных бетонных смесей, имеющих большое количество свободной воды. После испарения ее резко возрастает пористость бетона.

При строительстве в условиях жаркого и сухого климата в бетоне часто возникают трещины. Причиной их образования, с одной стороны, является усадка бетона, а с другой — температурные деформации. Усадочные микротрещины интенсивно растут в зоне контакта цементного камня и заполнителя, что приводит к резкому снижению прочностных свойств бетона.

Быстрое высыхание бетона существенно влияет и на его упругопластические свойства, повышая ползучесть.

Испарение свободной воды из бетона приводит к обезвоживанию в первую очередь его наружных слоев. Это вызывает дополнительные напряжения на границе наружных и внутренних слоев и снижает прочность конструкций. Обезвоженные в раннем возрасте наружные слои бетона получают настолько непрочными, что разрушаются (шелушатся) без приложения к ним небольшой внешней нагрузки.

§ 2. Факторы, влияющие на скорость обезвоживания бетона

Бетон особенно интенсивно теряет воду в результате ее испарения в первое время после укладки, что объясняется наибольшим содержанием свободной воды в этот период, а также экзотермией цемента. В дальнейшем, по мере образования в бетоне твердого скелета с наличием в нем капилляров неправильной формы и ориентации, интенсивность потери им воды замедляется. При повышении температуры наружных слоев бетона по сравнению с ядром влага мигрирует в область с более низкой температурой, т. е. к ядру. По этой причине замедляется испарение воды в более поздние периоды.

На интенсивность испарения воды влияет плотность свежесушеного бетона. Хорошо уплотненный бетон, осадка конуса которого в момент укладки составляет 4—6 см, в 2—2,5 раза медленнее теряет воду по сравнению с литым бетоном, уложенным без виброуплотнения.

Скорость испарения воды зависит также от пористости заполнителя. Пористые заполнители (пемза, керамзит и др.) аккумулируют в порах воду и затем отдают ее на процесс гидратации. По этой причине бетоны на высокопористых заполнителях менее чувствительны к условиям сухого и жаркого климата.

На интенсивность обезвоживания существенно влияет вид цемента. При одной и той же подвижности и одинаковых внешних

условиях быстрее теряют воду бетоны на шлакопортландцементе и особенно на пуццолановом портландцементе. Наиболее целесообразно применять в условиях сухого и жаркого климата быстротвердеющий и обычный портландцемент.

Положительное влияние на прочность бетона оказывают вододерживающие добавки (хлопковое мыло, бентонит и др.) Наиболее эффективна добавка хлористого кальция, которая ускоряет твердение бетона.

Интенсивность процесса обезвоживания бетона зависит также от массивности конструкций, т. е. от их модуля поверхности: с уменьшением этого показателя относительная скорость испарения снижается. На прочность бетона в массивах мало влияют условия твердения. Наоборот, прочность бетона в тонкостенных, ажурных конструкциях с большими открытыми поверхностями сильно зависит от условий твердения. Такие конструкции требуются надежно защищать от высыхания.

Скорость высыхания бетона зависит также от материала опалубки. Пористая формирующая поверхность деревянной опалубки значительно ускоряет обезвоживание пристыковых слоев бетона вследствие адсорбирующего (влагопоглощающего) эффекта. Стальная же опалубка не поглощает влагу, но зато при интенсивном нагреве бетона через металл способствует интенсивному испарению воды через открытые бетонные поверхности.

Особое внимание следует уделять срокам выдержки бетона в опалубке. Преждевременно снимать опалубку нежелательно, так как открытая поверхность бетона быстрее высыхает и процесс его твердения замедляется.

§ 3. Методы бетонирования в условиях сухого и жаркого климата

В условиях сухого и жаркого климата можно получить качественный бетон, применяя комплекс конструктивно-технологических мер, направленных на обеспечение гидратации цемента.

Большое внимание при этом должно уделяться подбору материалов. Для бетонов, укладываемых в жарких и сухих условиях, следует применять быстротвердеющие, но малоусадочные портландцементы, которые плохо отдают воду и снижают усадку. Обычные портландцементы рекомендуется применять с добавкой хлористого кальция. Шлакопортландцемент и пуццолановый портландцемент применять в этих условиях не рекомендуется, а использовать бесклнкерные вяжущие (например, известково-шлаковый или известково-золенный цемент) запрещается.

Заполнители перед приготовлением бетонной смеси нужно защищать от солнечной радиации. Пористый щебень (гравий) рекомендуется увлажнять. При укладке бетона в массивы заполнители рекомендуется охлаждать, прибавляя к ним дробленый лед.

Следует также учитывать, что бетоны на мелких песках имеют большую усадку и более пористы. Поэтому для ответственных сооружений мелкие пески рекомендуется обогащать более крупными фракциями песка или дробленого камня.

Составы бетонов для районов с сухим и жарким климатом подбирают обычными методами. При этом необходимо, чтобы при установленном В/Ц состав обеспечивал необходимую подвижность в момент укладки и наибольшую плотность. Ошибочно мнение о том, якобы увеличение воды против расчетного позволяет получить качественный бетон. Наоборот, излишняя вода быстрее испаряется, что увеличивает пористость и снижает прочность бетона.

Продолжительность перемешивания бетонной смеси в условиях сухого и жаркого климата увеличивают на 30—50%. При этом в бетоносмеситель загружают заполнитель, а также $\frac{2}{3}$ расчетного количества воды и перемешивают в течение 1—2 мин. Затем добавляют цемент, остальную воду, вводят добавки и вновь перемешивают 3—4 мин.

Готовую бетонную смесь транспортируют в закрытой таре. Для этих целей наиболее подходят автобетоновозы и автобетоносмесители. Необходимо избегать дальних перевозок смеси, поскольку в процессе транспортирования она быстро обезвоживается и теряет свою подвижность.

Например, при температуре 30—35°С смесь с В/Ц=0,83 полностью теряет подвижность через 40 мин, а с В/Ц=0,92 — через 60 мин. При этом из смесей испаряется 30—35% воды затворения.

Наилучшим образом условиям сухого и жаркого климата отвечает такая схема применения бетонной смеси: загрузка сухой смеси на центральном бетоносмесительном заводе в автобетоносмесители, перевозка ее в сухом виде к месту укладки, перемешивание в автобетоносмесителях непосредственно у места бетонирования и немедленная укладка в конструкции.

Опалубка не должна иметь самых малых щелей, чтобы исключить потери цементного молока и влаги. Перед укладкой бетонной смеси опалубку увлажняют. Формующую поверхность палубы из влагопоглощающих материалов (дерева, фанеры) следует покрывать специальными составами или полимерными пленками, предотвращающими сцепление с бетоном, а также поглощение воды из него.

Подавать и распределять бетонную смесь следует методами, исключаящими ее многократную перегрузку или быстрое обезвоживание. Например, не рекомендуется подавать смесь открытыми транспортерами, а также по длинным лоткам и виброжелобам. Наиболее целесообразна подача смеси бетононасосами или в больших емкостях бадьях с помощью кранов. Свободное падение смеси не должно превышать 1,5—2 м.

Бетонирование желательно вести непрерывно. В случае перерывов особое внимание следует обращать на качество подготовки рабочих швов. Виброуплотнять смесь нужно тщательно, с тем чтобы обеспечить плотную структуру бетона и снизить испарение воды.

Организовывать работы следует так, чтобы бетонирование велось в наиболее благоприятные часы суток, т. е. вечером, утром и даже ночью.

§ 4. Уход за бетоном

Условия, необходимые для твердения бетона в районах с сухим и жарким климатом, нужно создавать искусственно и сразу же после укладки бетона в конструкции.

Открытые поверхности свежесложенного бетона нужно покрывать мешковиной, рогожами, брезентом и систематически увлажнять бетон через 3—4 ч после укладки.

В отличие от увлажнения бетон в условиях средней полосы, при жарком и сухом климате его поливают чаще, а продолжительность поливки увеличивают до 28 сут.

Бетонные поверхности засыпают также влажным песком или опилками с последующим систематическим увлажнением. Там, где позволяют условия, затопляют бетон водой через 6—12 ч после укладки. Этот метод применяют, в частности, при строительстве дорог и каналов.

Массивные конструкции кроме увлажнения охлаждают циркулирующей охлажденной водой по системе труб, предварительно уложенных в бетон. Охлаждение снижает отрицательное влияние температурно-усадочных напряжений на качество бетона.

Ввиду того что увлажнение бетона в процессе ухода за ним при дефиците воды связано со значительными затратами, целесообразно применять так называемые безвлажные методы ухода за бетоном. К таким методам относят выдерживание бетона под специальными воздухонепроницаемыми колпаками (камерами) из пленки или покрытие поверхности бетона различными составами.

Конструкции небольших размеров сразу же после бетонирования покрывают легкими переносными колпаками, каркас которых выполнен из стальных трубок или стержней диаметром 16—20 мм, а покрытие — из поливинилхлоридной пленки толщиной не менее 0,2 мм. Коэффициент заполнения камеры (отношение объема бетонной конструкции к объему камеры) должен быть в пределах 0,70—0,85. При обеспечении герметичности под камерой создаются условия, близкие к мягкому режиму пропаривания.

По эстетическим или санитарно-гигиеническим соображениям бетонные поверхности покрывают специальными пленкообразующими материалами (растворы битума в бензине, фурфурольно-ацетоновые композиции, лаки «этиноль», «помароль» и др.). Пленки таких веществ снижают испарение влаги из бетона, однако иногда увеличивают его нагревание.

РАЗДЕЛ ЧЕТВЕРТЫЙ

МЕТОДЫ ЗИМНЕГО БЕТОНИРОВАНИЯ

ГЛАВА 14

ОСОБЕННОСТИ БЕТОНИРОВАНИЯ В ЗИМНИХ УСЛОВИЯХ

§ 1. Общие сведения

Возведение монолитных железобетонных сооружений в настоящее время осуществляют круглогодично. Но при этом бетонирование в зимних условиях имеет существенные особенности.

Понятие «зимние условия» при производстве бетонных работ отличается от календарного. Принято считать, что зимние условия для конкретной стройки начинаются тогда, когда среднесуточная температура наружного воздуха снижается до $+5^{\circ}\text{C}$, а в течение суток наблюдается ее падение ниже нуля.

При температуре ниже 0°C в бетоне прекращаются процессы гидратации, т. е. взаимодействие минералов цемента с водой. При этом твердение бетона приостанавливается, так как бетон замерзает, превращаясь в монолит, прочность которого обуславливается силами смерзания. В бетоне появляются внутренние напряжения, которые вызываются увеличением объема свободной воды примерно на 9% при замерзании. Эти напряжения разрывают неокрепшие адгезионные связи между отдельными компонентами бетона, снижая его прочность. Свободная вода, замерзая на поверхности зерен заполнителей в виде тонкой пленки, препятствует сцеплению цементного теста с заполнителем. Это также ухудшает прочностные свойства бетона.

После оттаивания бетона твердение его при положительной температуре возобновляется, но прочность оказывается ниже проектной, т. е. той, которая была бы достигнута при твердении в нормальных условиях. Снижаются и другие свойства бетона: плотность, долговечность, сцепление с арматурой и т. д. Свойства бетона ухудшаются тем значительно, чем раньше после укладки произошло его замерзание.

Если бетон к моменту замерзания наберет определенную прочность, то отрицательное влияние замораживания на его свойства невелико: после оттаивания прочность бетона может достигнуть проектной. В этом случае адгезионное сцепление между цементным тестом и заполнителем значительно больше внутренних напряжений. Поэтому вероятность деформаций в контактной зоне меньшая.

Минимальную прочность бетона к моменту его замерзания, до-

статочную для достижения им после оттаивания проектной прочности, называют *критической*. Эта прочность для бетонов марок ниже 200 в конструкциях с ненапрягаемой арматурой должна быть не менее 50% проектной и не ниже 50 кгс/см^2 . Для бетонов марок 200 и 300 она составляет 40%, а для бетонов марок 400 и 500 — 30% от 28-дневной прочности (R_{28}).

Критическая прочность бетона в предварительно напряженных конструкциях должна быть не ниже 70% проектной. Если конструкции предполагается нагружать в зимний период, то к моменту замораживания прочность бетона в них должна достигнуть 100% от проектной.

Для получения в зимних условиях бетона хорошего качества необходимо обеспечить для него такой температурно-влажностный режим, при котором физико-химические процессы твердения не нарушаются и не замедляются. Продолжительность поддержания такого режима должна обеспечивать достижение критической или проектной прочности.

В зависимости от характера выдерживания бетона способы зимнего бетонирования подразделяют на две группы: безобогревные и обогревные. К безобогревным способам относится бетонирование в тепляках, метод термоса, применение бетонов с противоморозными добавками и «холодных» бетонов. К обогревным относят методы искусственного подогрева бетона с применением электричества, пара или горячего воздуха. Способ бетонирования для конкретного объекта выбирают после технико-экономического сравнения вариантов с учетом темпа бетонирования, местных ресурсов и возможностей.

В зимних условиях наряду с созданием оптимальной тепло-влажностной среды для выдерживания бетона применяют ряд специальных приемов обеспечения требуемой температуры бетонной смеси в процессе ее приготовления, а также по предохранению охлаждения смеси при ее транспортировании и укладке.

§ 2. Подготовка к бетонированию

При планировании работ на зимний период следует предусматривать изготовление таких конструкций и сооружений, бетонирование которых зимой не вызывает больших дополнительных затрат. Как правило, это массивные, толстостенные конструкции. Бетонировать ажурные и тонкостенные конструкции предпочтительнее летом.

Работы положено выполнять в соответствии с проектами производства работ или технологическими картами. Последние должны содержать сведения по утеплению опалубки, технологическим параметрам укладываемой бетонной смеси, методам ее подачи, укладки и уплотнения. Особое внимание при разработке ППР должно быть уделено режимам выдерживания уложенного бетона.

В процессе подготовки к зимнему бетонированию на объекте прокладывают дополнительные электросети, налаживают транс-

форматорное хозяйство, утепляют бетоносмесительные установки, галереи транспортеров и трубопроводов, готовят к работе зимой транспорт, крановое оборудование и оснастку. Нужно также пополнить запасы противоморозных добавок и принять меры по защите оснований под фундаменты от промерзания.

§ 3. Приготовление бетонной смеси

В зимних условиях приготовление бетонной смеси осложняется в результате смерзания и охлаждения заполнителей, наличия в них снега и наледи, необходимости подогревать заполнители и воду, вводить в смесь противоморозные добавки и т. п. Перед погрузкой в бетоносмеситель крупные смерзшиеся комья песка и гравия должны быть разрыхлены.

Температура бетонной смеси в момент укладки ее в опалубку колеблется в значительных пределах в зависимости от способов выдерживания. Так, минимально необходимая температура при выдерживании бетона по методу термоса 25°C , для бетонов с противоморозными добавками — не менее 5°C , при использовании электропрогрева — не ниже 5°C .

Следует помнить, что при транспортировании и укладке бетонная смесь интенсивно охлаждается. Хотя кажется естественным, что чем выше температура смеси на выходе из бетоносмесителя, тем лучше, однако это не так. При высокой температуре бетонная смесь во время транспортирования из-за быстро происходящей коагуляции загустевает, т. е. теряет свою подвижность. Опытным путем установлена наибольшая допустимая температура бетонной смеси при выходе из смесителя в зависимости от вида цемента.

Цемент	Наибольшая допустимая температура смеси, $^{\circ}\text{C}$
Портландцемент марки 300 и шлакопортландцемент марок 300—400 . .	45
Портландцемент марки 400 и пуццолановый портландцемент марки 300	40
Портландцемент марки 500 и пуццолановый портландцемент марки 400	35
Глиноземистый цемент	25

Для получения требуемой температуры смеси всю затворения подогревают до $40\text{—}90^{\circ}\text{C}$. Иногда подогревают заполнители до температуры $20\text{—}60^{\circ}\text{C}$. Цемент и тонкомолотые добавки вводят без подогрева.

При использовании подогретой воды во избежание «заваривания» цемента, т. е. его скомкования, сначала загружают щебень или гравий с одновременной подачей половины требуемой воды, затем делают несколько оборотов барабана и загружают песок, цемент и заливают остальную часть воды. Противоморозные добавки вводят в виде концентрированных растворов непосредственно в бетоносмеситель или в воду затворения.

Продолжительность перемешивания компонентов в зимних условиях увеличивают в 1,5—2 раза по сравнению с летними для получения более однородной бетонной смеси.

В зимних условиях следует использовать менее подвижные бетонные смеси, так как большое количество свободной воды в бетоне отрицательно сказывается на его свойствах.

На выходе из бетоносмесителя нужно вести систематический контроль за осадкой конуса и температурой бетонной смеси.

§ 4. Транспортирование и подача бетонной смеси

В зимних условиях транспортировать и подавать бетонную смесь следует с наименьшим числом перегрузок, чтобы снизить ее теплопотери. Для перевозок бетонной смеси применяют специально оборудованные транспортные средства. Так, кузова автосамосвалов оборудуют двойными бортами и дном и через образовавшийся зазор пропускают горячие отработанные газы от двигателя. Часть газов пропускают через трубы в верхней части кузова. Направляют их так, чтобы над бетоном образовывалась непрерывная тепловая завеса. При температуре наружного воздуха ниже -15°C кузов дополнительно накрывают брезентом или откидными утепленными крышками.

В автобетоновозах и автобетоносмесителях бетонная смесь меньше охлаждается в связи с уменьшением ее открытой поверхности.

Максимальную дальность перевозки бетонной смеси при температуре наружного воздуха ниже -15°C сокращают на 30—50% по сравнению с летними условиями.

Для бесперебойной подачи бетонной смеси в блок бетонирования необходимо правильно подобрать механизмы и тару, которая с целью снижения теплопотерь должна быть по возможности крупной и хорошо утепленной.

В тех случаях, когда смесь из автобетоновозов разгружают в промежуточные бункера, их утепляют и обогревают паром или электричеством. При этом во избежание «прикипания» смеси к стенкам бункеров температура их внутренних поверхностей не должна превышать величин, приведенных на с. 258 (табл. 16-2).

Бадьи для подачи смеси обшивают снаружи фанерой по войлоку и снабжают утепленными крышками. При сильных морозах их периодически прогревают паром.

Бетононасосы устанавливают в теплых помещениях. При морозах до -10°C звенья бетоноводов обворачивают войлоком или шлаковатой. Быстроразъемные замковые соединения бетоноводов утепляют съёмными муфтами из мешковины, шлаковаты или пенополистирола. При более низких температурах магистральный бетоновод прокладывают в утепленном коробе, в котором укладывают «спутник» (паропровод). Перед началом работ бетоновод прогревают острым паром или горячей водой.

Промывку бетононасоса и бетоноводов ведут горячей водой, а при ее отсутствии бетоновод прочищают с помощью пыжа, проталкиваемого сжатым воздухом.

При разборке звенья бетоновода очищают скребками, металлическими щетками или пыжами из мешковины, но не промывают во избежание образования в них наледи.

Ввиду того что при подаче бетонной смеси по виброжелобам и транспортерами ее теплотери увеличиваются, виброжелоба и открытые транспортеры применяют в исключительных случаях для перемещения смеси на небольшие расстояния.

Магистральные транспортеры для подачи бетонной смеси помещают в обогреваемые галереи. В зимних условиях температуру бетонной смеси систематически контролируют в каждом автобетоновозе при порционной подаче и не реже чем через каждые 30 мин при непрерывной подаче.

§ 5. Укладка и уплотнение бетонной смеси

На качество бетона сильно влияет состояние основания, на которое его укладывают. Важно исключить раннее замораживание бетона в стыке с основанием и последующие деформации пучинистых грунтов в основаниях.

До начала бетонирования фундаментов пучинистые грунты отогревают паром, огнем способом или с помощью электричества. Непучинистые грунты не прогревают, если их влажность не превосходит 10% по массе. Температура укладываемой смеси должна быть как минимум на 10°С больше, чем температура грунта в основании. Для холодного бетона это требование можно не соблюдать.

При укладке бетонной смеси на ранее уложенный и замерзший бетон его отогревают на глубину не менее 400 мм и предохраняют от промерзания до приобретения свежим бетоном критической прочности. При укладке холодного бетона ранее уложенный бетон в стыке можно не отогревать.

Перед бетонированием проверяют состояние опалубки и арматуры и очищают их от наледи и снега. Для этого блок бетонирования накрывают брезентом и под него впускают острый пар. После отогрева блок продувают сжатым воздухом. Применять для этой цели горячую воду не следует во избежание появления наледи. В последнее время очистку блоков с густым армированием ведут продувкой отработанными газами от авиамоторов, отработавших нормативный ресурс (снятых с самолетов). С этой же целью используют мощные тепловые калориферы и т. п.

При морозах ниже —15°С арматуру из стержней диаметром более 25 мм и прокатных профилей следует отогревать до 5°С, чтобы обеспечить хорошее сцепление бетона с арматурой. С этой же целью выступающие за пределы утепленной опалубки металлические элементы после отогрева утепляют на длине не менее 1,5 м от блока.

Для уменьшения теплотерь бетонную смесь укладывают большими участками по длине и ширине, чтобы ранее уложенные слои быстрее перекрывались новыми и температура бетона не успевала падать ниже расчетной. С этой же целью толщину укладываемых слоев принимают максимально допустимой по условиям виброуплотнения. Высоту свободного падения бетонной смеси рекомендуется принимать не более 1—1,5 м.

Бетонирование следует вести круглосуточно без перерывов, так как подготовка замерзших рабочих швов весьма трудоемка и не всегда обеспечивает необходимое качество. При укладке бетона с «изюмом» или камнебетона камни, предназначенные для упаковок, нужно очистить от снега и наледи и отогреть до температуры не ниже 0°С.

Виброуплотнение бетонной смеси производят обычными способами. Более тщательно вибрируют бетон в рабочих швах, углах блоков и у опалубки.

Открытые поверхности свежеложенного бетона сразу же по окончании бетонирования укрывают слоем утеплителя (шлаковатой, опилками по слою толя и т. п.) для предохранения верхних слоев бетона от раннего замораживания и последующего разрушения.

ГЛАВА 15

БЕЗОБОГРЕВНЫЕ МЕТОДЫ БЕТОНИРОВАНИЯ

§ 1. Бетонирование в тепляках *

Необходимую для твердения бетона тепловлажностную среду можно обеспечить в тепляках или шатрах. Шатры в отличие от тепляков применяют при возведении высотных сооружений, перемещая их вверх по мере бетонирования. Основным условием является создание над железобетонной конструкцией замкнутого пространства с достаточной термоизоляцией его от внешней среды. Вследствие того что устройство тепляков требует значительных затрат и удорожает строительство, применение их должно быть обосновано технико-экономическими расчетами. Тепляки устраивают, например, в тех случаях, когда требуется бетонировать ответственные конструкции, загружать которые предполагается зимой. Для снижения затрат используют инвентарные сборно-разборные или передвижные тепляки. Весьма экономичны также надувные тепляки.

Тепляки подразделяют на объемные и плоские.

Объемный тепляк (рис. 15-1) представляет собой временное помещение, внутри которого размещают бетонизируемые конструкции. Строят такие тепляки до возведения конструкций. Опалу-

* Отнесение этого способа к безобогревным методам можно считать условным, так как нагрев бетона здесь происходит через воздушную среду.

бочные арматурные и бетонные работы выполняют непосредственно в тепляке.

Объемные тепляки устраивают для бетонирования туннелей, трубопроводов, подпорных стен и других сооружений. Для снижения затрат их выполняют катучими для перемещения с захватки на захватку по специальному рельсовому пути.

Обогревают объемные тепляки переносными печами, калориферами или с помощью трубчатых регистров, по которым циркулирует горячая вода или пар.

Температуру в тепляке доводят до 35—45° С. Продолжительность прогрева устанавливают в зависимости от вида цемента и требуемой прочности бетона.

Плоский тепляк оборудуется съемной паровой рубашкой-коробом. При этом бетонирование конструкции ведут на открытом воздухе; уложенный бетон покрывают съемными коробами, устанавливаемыми кранами. В коробах размещены нагревательные приборы: паровые регистры или ТЭНы, после включения которых под тепляками создается необходимая тепло-влажностная среда.

Плоские тепляки экономичны, но имеют небольшие размеры. Их устраивают

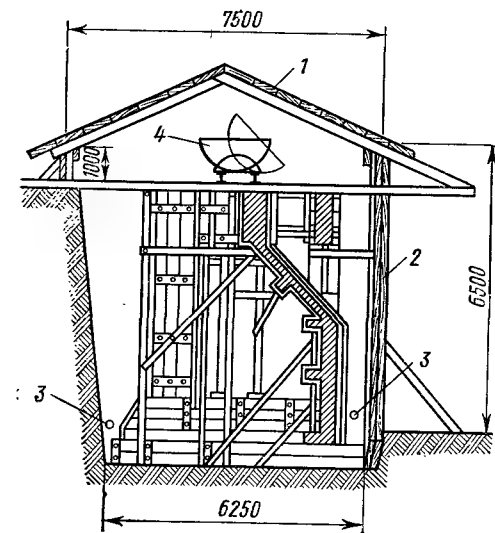


Рис. 15-1. Объемный тепляк для бетонирования стен:

1 — утепленные щиты кровли; 2 — стены из утепленных щитов; 3 — трубы парового отопления; 4 — вагонетка для подачи бетонной смеси

при бетонировании небольших фундаментов, плит, колонн, балок и т. п.

Интенсивность обогрева в плоских тепляках выше, чем в объемных, а продолжительность соответственно меньше (табл. 15-1).

Обшивку подвижных шатров для бетонирования труб (рис. 15-2) делают фанерную по металлическому каркасу. Внизу шатер имеет «юбку» из брезента, которая защищает бетон ниже опалубки от ветра и быстрого охлаждения. Внутреннее пространство под шатром обогревают с помощью электрокалориферов, установ-

ленных на рабочей площадке. Температуру под шатром доводят до 25—40° С.

Шатры, как и объемные тепляки, помимо создания оптимальной тепловлажностной среды для твердения бетона защищают от непогоды работающих.

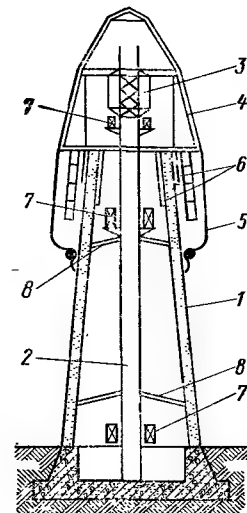


Рис. 15-2. Шатер для бетонирования трубы:
1 — ствол трубы; 2 — шахтный подъемник; 3 — подъемная головка; 4 — шатер; 5 — «юбка»; 6 — подъемно-переставная опалубка; 7 — калориферы; 8 — временные защитные перекрытия

§ 2. Метод термоса

Сущность этого метода состоит в том, что бетонную смесь с температурой 25—45° С укладывают в утепленную опалубку, после чего защищают открытые бетонные поверхности от охлаждения, закрывая их шлаковатой, пенополистирольными плитами или засыпая шлаком, опилками. Обогревать бетон при этом не требуется; нормальные условия для его твердения обеспечиваются теплом, внесенным в бетонную смесь в процессе ее приготовления, а также теплом экзотермии.

Теплом экзотермии (экзотермическим тепловыделением) называют теплоту, выделяющуюся в результате физико-химических взаимодействий минералов цемента с водой, в частности реакции гидратации.

Простота и экономичность метода термоса очевидны. Однако более всего он подходит для массивных конструкций с небольшой площадью охлаждения, утепление которых не вызывает затруднений. Степень массивности конструкций определяется модулем поверхности $M_{\text{ш}}$, $1/M$, который равен

$$M_{\text{ш}} = F/V, \quad (15-1)$$

где F — суммарная охлаждаемая поверхность конструкции, м^2 ; V — объем конструкции, м^3 .

Для колонн и балок модуль поверхности определяют как отношение их периметра к площади поперечного сечения.

Термосное выдерживание бетона зависит также от величины экзотермии, т. е. от удельного тепловыделения цемента. Различные

Таблица 15-1

Продолжительность обогрева бетона в плоских тепляках

Температура нагрева, °С	Продолжительность обогрева, ч	
	на портланд-цементе	на шлакопортланд-цементе
40	20	24
60	16	18
80	12	14

цементы обладают неодинаковым удельным тепловыделением, как это видно ниже:

Цемент	Тепловыделение, Дж/г
Шлакопортландцемент Руставского завода (25% шлака)	6,5
Пуццолановый портландцемент (25% диатомита)	7,8
Портландцемент	9,0
Быстротвердеющий высокоалитовый портландцемент	17,0
Глиноземистый цемент	18,3

Методом термоса можно выдерживать бетон на портландцементе в конструкциях с модулем поверхности до 6, а на глиноземистом и быстротвердеющем портландцементе — до 10.

При проектировании термосного выдерживания бетона выполняют теплотехнический расчет. Считают, что суммарное количество тепла в бетоне должно быть равно теплотерям конструкции при ее остывании до 0°С за некоторое время τ . В течение этого времени бетон должен иметь положительную температуру, а прочность его достичь проектной. Этому условию соответствует формула теплового баланса, предложенная Б. Г. Скрамтаевым:

$$\tau M_{\pi} (t_{б.ср} - t_{б.н}) \alpha = (m_o c t_{б.н} + Q) R_{общ}, \quad (15-2)$$

откуда

$$\tau = \frac{m_o c t_{б.н} + Q}{M_{\pi} (t_{б.ср} - t_{б.н})} \frac{R_{общ}}{\alpha}, \quad (15-3)$$

где τ — продолжительность остывания бетона до 0°С, ч; m_o — объемная масса бетона, кг/м³; c — удельная теплоемкость бетона, Дж/м³ (ккал/м³); $t_{б.н}$ — начальная температура бетона, град; Q — расход цемента на 1 м³ бетона, кг; Q — тепловыделение 1 кг цемента за τ , ч, Дж; M_{π} — модуль поверхности, м⁻¹; $t_{б.ср}$ — средняя температура бетона за время остывания, °С; $R_{общ}$ — общее термическое сопротивление опалубки и теплоизоляции; α — поправочный коэффициент продуваемости, зависящий от силы ветра.

При этом

$$t_{б.ср} = \frac{t_{б.н}}{K_1 + K_2 M_{\pi} + K_3 t_{б.н}}, \quad (15-4)$$

где K_1, K_2, K_3 — эмпирические коэффициенты, соответственно равные $K_1=1,03$; $K_2=0,181$; $K_3=0,006$;

$$R_{общ} = K_4 + h_1/\lambda_1 + h_2/\lambda_2 + \dots + h_i/\lambda_i, \quad (15-5)$$

где K_4 — коэффициент 0,05; h_1, h_2, h_i — толщина слоев опалубки и теплоизоляции, м; $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ — коэффициенты теплопроводности соответствующих слоев опалубки и теплоизоляции, Вт/(м·град).

При выполнении теплотехнического расчета могут решаться две задачи. Первую решают по известным $R_{общ}$, $t_{б.ср}$ и остальным па-

раметрам; пользуясь выражением (15-3), определяют время остывания (твердения) τ , а затем устанавливают величину критической прочности, которую наберет бетон к моменту остывания до 0°С.

Вторая задача решается при заданной критической прочности. При установленном времени остывания τ требуется определить $R_{общ}$ и подобрать толщину опалубки и теплоизоляционных слоев. При этом $R_{общ}$ определяют по формуле (15-2), а толщину h_1, h_2, h_i устанавливают методом последовательного приближения, используя выражение (15-5).

Для утепления опалубки составляют расчет. Для уменьшения продуваемости и предохранения теплоизоляционных материалов (войлока, опилок) от увлажнения прокладывают слой толя или рубероида. Железобетонную или армоцементную опалубку-облицовку утепляют снаружи навеской теплоизоляционных матов из шлаковаты. Непосредственно перед укладкой бетона изнутри опалубку-облицовку прогревают острым паром.

Выступающие углы, тонкие элементы и другие детали, остывающие быстрее основной конструкции, утепляют особенно тщательно. Иногда их дополнительно прогревают.

Утепляют опалубку до укладки бетона. После бетонирования немедленно утепляют открытые верхние плоскости конструкции. По мере выдерживания бетона методом термоса систематически ведут контроль температуры уложенного бетона.

Опалубку снимают по разрешению технического персонала стройки до ее примерзания к бетону.

§ 3. Применение противоморозных добавок

Некоторые химические вещества, введенные в бетон в небольших количествах, способствуют его твердению при отрицательных температурах. Такие вещества называют противоморозными добавками. К их числу относится соляная кислота HCl и ее соли: хлористый кальций CaCl₂ и хлористый натрий NaCl, а также соединения, например углекислый калий — поташ K₂CO₃ и нитрит натрия NaNO₂. Эти вещества, введенные в бетон, оказывают разностороннее действие на процессы схватывания и твердения.

Во-первых, эти добавки эффективно ускоряют процесс твердения. Так, бетон с добавкой 2%-ного хлористого кальция от массы цемента уже на третий день достигает прочности, в 1,7 раза большей, чем бетон того же состава, но без добавки. Особенно эффективны добавки-ускорители для бетонов на пуццолановых и шлакопортландских цементах в количестве 2% от массы цемента (табл. 15-2).

Бетоны с добавками-ускорителями за время остывания до 0°С достигают проектной прочности.

Во-вторых, введение в бетон добавок понижает температуру замерзания воды, увеличивая тем самым продолжительность твердения бетона. Это также способствует приобретению бетоном большой

Таблица 15-2

Увеличение прочности бетона с добавкой CaCl_2
в количестве 2% от массы цемента

Возраст бетона, сут	Увеличение прочности бетона, %	
	бетон на портланд- цемент	бетон на пуццолано- вом портландцементе
2	165	200
7	120	125
28	110	115

критической прочности. Следует, однако, учитывать, что увеличение добавки соляной кислоты и ее солей вызывает коррозию арматуры, а большое количество поташа резко снижает удобоукладываемость бетонной смеси.

Бетоны с небольшим количеством противоморозных добавок хлористых солей (до 2%), поташа и нитрита натрия (до 5% от массы цемента) готовят на подогретых заполнителях и горячей воде. При этом температура бетонной смеси на выходе из смесителя колеблется в пределах 25—35° С, снижаясь к моменту укладки до 20° С. Такие бетоны применяют при температуре наружного воздуха от —15 до —20° С. Укладывают их в утепленную опалубку и после виброуплотнения закрывают слоем теплоизоляции. Твердение бетона происходит как результат термосного выдерживания в сочетании с положительным воздействием химических добавок. Этот способ является простым и достаточно экономичным. Однако он рекомендуется в основном для малоармированных и ответственных конструкций. Для предварительно напряженных конструкций, а также для пролетов мостов, дымовых труб, градирен его не применяют.

§ 4. Холодные бетоны

В отличие от бетонов с противоморозными добавками холодные бетоны готовят с увеличенным количеством добавок и без подогрева заполнителей и воды.

Добавки, введенные в большом количестве (например, до 10—15% от массы цемента), резко понижают точку замерзания воды в бетонной смеси. В результате процессы гидратации цемента прекращаются лишь при весьма низких температурах наружного воздуха (например, при —25° С).

В табл. 15-3 приведен расход добавок в зависимости от температуры твердения холодного бетона.

Холодные бетоны готовят на неподогретой воде, в которую вводят добавки. При этом заполнители не должны иметь комьев и наледи. Песок требуется оттаявший.

Добавка хлористых солей оказывает пластифицирующее действие на бетонную смесь. Поташ, наоборот, снижает ее удобоукладываемость, поэтому в качестве пластификатора в бетон вводят сульфитно-спиртовую барду (ССБ) в количестве 0,2—2,0% от массы цемента.

Количество добавок в зависимости от температуры
твердения бетона

Температура твердения бетона, °С	Количество безводной соли, % от массы цемента		
	$\text{NaCl} + \text{CaCl}_2$	NaNO_2	K_2CO_3
—5	3,0	4—6	5—6
—10	3,5+1,5	6—8	6—8
—15	3,0+4,5	8—10	8—10
—20	—	—	10—12
—25	—	—	12—15

ваемость, поэтому в качестве пластификатора в бетон вводят сульфитно-спиртовую барду (ССБ) в количестве 0,2—2,0% от массы цемента.

Холодную бетонную смесь укладывают в неутепленную опалубку и на неотогретое основание. Уплотняют ее обычными способами. Холодный бетон можно укладывать с «изюмом». При этом температура камней может быть отрицательной, но на их поверхности не должно быть снега и наледи.

Поверхность свежесделанного бетона покрывают утеплителем для предотвращения вымораживания воды из верхних слоев конструкции. Под укрытием бетон выдерживают первые 15 сут, систематически контролируя его температуру. Если в этот период температура упадет ниже расчетной (табл. 15-3), необходимо принять меры по дополнительной теплозащите или обогреву конструкции.

Холодный бетон набирает прочность при отрицательной температуре значительно медленнее, чем бетон нормального твердения без добавок. Так, через 7 сут прочность холодного бетона на портландцементе составляет 20—25% проектной, а к 28-дневному возрасту он набирает всего 40—50%. Проектной прочности он достигает только через 170—180 сут.

Простота технологии и экономичность холодных бетонов очевидна. Однако используют их ограниченно из-за чрезмерной коррозии арматуры и снижения некоторых прочностных свойств. Холодные бетоны применяют для неармированных конструкций: подготовок под полы и фундаменты, подбутов, дорожных покрытий, облицовок откосов и др. Нельзя их применять для конструкций, работающих под динамическими нагрузками, а также находящихся в агрессивных условиях или расположенных в зоне переменного увлажнения.

§ 1. Предварительный электропрогрев бетонных смесей

Сущность этого способа* заключается в форсированном электроразогреве бетонной смеси непосредственно перед укладкой в опалубку, уплотнении ее в горячем состоянии и выдерживании по методу термоса или с дополнительным обогревом.

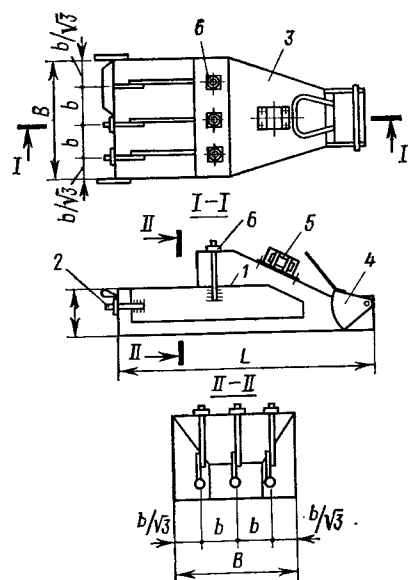


Рис. 16-1. Бадья для предварительного электроразогрева бетонной смеси: 1 — электрод; 2 — контактная шпилька; 3 — бункер; 4 — затвор; 5 — вибратор; 6 — крепление электрода

ми. Электроды, закрепленные к корпусу бадей через изоляторы, имеют по контактной шпильке для включения в электросеть. Емкость таких бадей колеблется от 0,5 до 2,0 м³. Количество бадей на объекте подбирают, исходя из сменного потока бетонной смеси, вида транспортных средств, типа крана и т. п.

На объекте вблизи места бетонирования оборудуют пост предварительного электроразогрева смеси (рис. 16-2) — горизонтальную спланированную площадку или деревянный бокс размером 6×6 м с сетчатым ограждением по периметру высотой 1,5—1,7 м. На

Электроразогрев смеси ведут током промышленной частоты и напряжением 380 В. Температура разогретых бетонных смесей на портландцементных колеблется от 70 до 95°С, время разогрева порции смеси 5—10 мин.

С повышением температуры бетонные смеси быстро загустевают, т. е. теряют свою подвижность. Для замедления процесса загустевания в них вводят пластифицирующие добавки: сульфитно-дрожжевую бражку (СДБ), винсол, мылонафт, абиеатат натрия и др.

Для уменьшения теплопотерь электроразогрев бетонной смеси ведут в специально оборудованных бадьях или в автосамосвалах с последующей разгрузкой смеси непосредственно в опалубку.

Бадьи для электроразогрева бетонной смеси (рис. 16-1) представляют собой поворотные бункера с сегментными затворами и тремя пластинчатыми электродами.

площадке устанавливают бады для электроразогрева. Щит управления разогревом выносят за ограждение.

Бетонную смесь из транспортных средств разгружают в электроразогревные бады и равномерно распределяют между электродами, для чего кратковременно включают вибраторы на бадьях. Для уменьшения теплопотерь бады утепляют, а с наветренной стороны у поста разогрева ставят деревянные щиты.

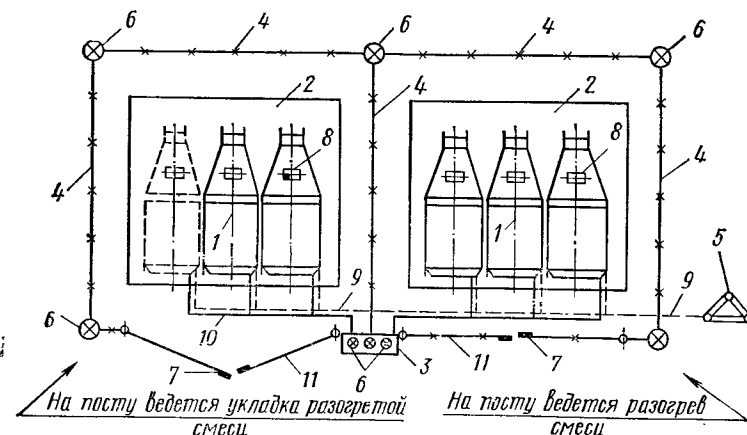


Рис. 16-2. Пост для предварительного электроразогрева бетонной смеси в бадьях:

1 — бады; 2 — деревянный настил (бокс); 3 — щит управления; 4 — ограждение; 5 — контур заземления; 6 — светильники; 7 — концевые выключатели; 8 — вибратор; 9 — заземление; 10 — токоподводящий кабель; 11 — ворота

Корпуса бадей с бетонной смесью заземляют и присоединяют к ним нулевые провода от питающей сети, затем подключают к сети электроды. Для контроля за температурой разогрева в бетонную смесь устанавливают термометры или термодатчики. После проверки надежности контактов обслуживающий персонал выходит за ограждение и на электроды подают напряжение. По достижении заданной температуры смеси напряжение отключают и бады со смесью подают к месту бетонирования.

Укладывать бетонную смесь нужно быстро и по возможности непрерывно. С целью снижения теплопотерь промежуточные перегрузки разогретой смеси не допускаются, а высоту ее свободного падения уменьшают до 1,5 м.

При подаче бетонной смеси из транспортных средств в опалубку электроразогрев ее ведут непосредственно в автосамосвалах. Для этого на объекте оборудуют пост разогрева (рис. 16-3) — на огражденной горизонтальной площадке для выезда автосамосвала со смесью размещают тельфер, блок опускных электродов и электрощит.

Автосамосвал со смесью заводят на площадку и кузов его заземляют. С помощью тельфера в кузов со смесью опускают блок элект-

* В отдельных работах этот метод называют методом горячего термоса.

тродов, исключая касания ими кузова. После установки термометров или термодатчиков обслуживающий персонал должен выйти из опасной зоны и затем на электроды подают напряжение.

По окончании разогрева отключают ток, извлекают электроды, отключают заземление кузова и бетонную смесь разгружают в опалубку. Открытые поверхности уложенного бетона закрывают слоем толя или полиэтиленовой пленки и утепляют шлаковатой, опилками или пенополистирольными плитами.

Уложенный разогретый бетон, имея значительный запас тепла и выделяя экзотермическое тепло, может твердеть без дополни-

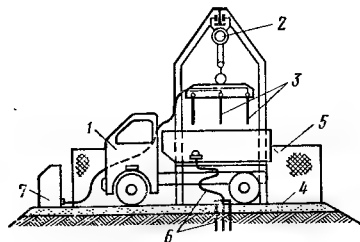


Рис. 16-3. Пост для предварительного электроразогрева бетонной смеси в автосамосвалах: 1 — автосамосвал со смесью; 2 — тельфер; 3 — блок электродов; 4 — горизонтальная площадка; 5 — ограждение; 6 — заземление; 7 — щит управления

тельного обогрева, т. е. выдерживаться методом термоса. Этот метод при модуле поверхности конструкции не более 5 применяют практически при любых морозах. Во время выдерживания бетона нужно систематически контролировать его температуру. В случае ее падения ниже расчетной температуры бетон дополнительно утепляют.

Для выдерживания конструкций с модулем поверхности от 5 до 12 можно применить способ термоса, если температура наружного воздуха не ниже $-20 \div -25^\circ \text{C}$. При больших морозах бетон в таких конструкциях нужно дополнительно обогревать.

Метод предварительного электроразогрева бетонной смеси в настоящее время достаточно широко распространен благодаря ряду преимуществ. К ним относятся технологическая простота, небольшой расход электроэнергии ($50-90 \text{ кВт} \cdot \text{ч}/\text{м}^3$), небольшая длительность тепловой обработки бетона, безопасность. Этот метод позволяет также увеличить дальность транспортирования бетонных смесей.

Виброуплотнение горячей бетонной смеси повышает качество бетона, так как при этом исключается его тепловое расширение.

§ 2. Обогрев бетона инфракрасными лучами

При этом методе производят периферийный обогрев уложенного бетона. Источниками инфракрасного излучения могут служить металлические трубчатые излучатели (ТЭНы) и стержневые карборундовые излучатели.

ТЭН состоит из металлической трубки диаметром 9—18 мм, внутри которой расположена нихромовая спираль, а пространство

между спиралью и внутренними стенками трубки заполнено периклазом — кристаллической окисью магния. Для обогрева монолитного бетона применяют ТЭНы типа НВСЖ (нагреватель воздушный сушильный жаростойкий) или НВС (нагреватель воздушный сушильный). Мощность их на 1 м длины колеблется от 0,6 до 1,2 кВт, а температура излучающих поверхностей — от 300 до 600°C . ТЭНы работают при напряжении 127, 220 и 380 В.

Карборундовые излучатели имеют мощность до $10 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$, а рабочая их температура достигает $1300-1500^\circ \text{C}$.

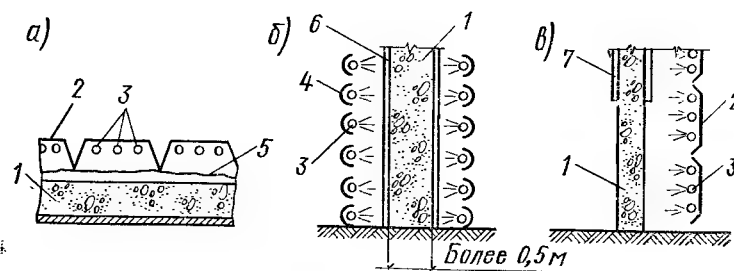


Рис. 16-4. Схемы обогрева инфракрасными лучами: а — прогрев бетона в плитах; б, в — то же, в стенах; 1 — прогреваемые конструкции; 2 — трапециевидные отражатели; 3 — инфракрасные излучатели; 4 — сферические отражатели; 5 — толь; 6 — опалубка; 7 — щиты скользящей опалубки

Инфракрасные излучатели в комплекте с отражателями и поддерживающими устройствами составляют инфракрасную установку. Эти установки имеют сферические и трапециевидные отражатели (рис. 16-4). Оптимальное расстояние между инфракрасной установкой и обогреваемой поверхностью 1—1,2 м.

Обогревать инфракрасными излучателями можно как открытые поверхности бетона, так и через опалубку. Для лучшего поглощения инфракрасного излучения поверхность опалубки покрывают черным матовым лаком. Температура на поверхности бетона не должна превышать $80-90^\circ \text{C}$. Чтобы исключить интенсивное испарение влаги из бетона, открытые его поверхности закрывают полиэтиленовой пленкой, пергамином или рубероидом.

Для обеспечения равномерности нагрева вертикальных конструкций при условном делении их высоты на три части на нижнюю $1/3$ должно приходиться 50% мощности инфракрасного излучения, на среднюю — 30%, на верхнюю — 20%. Чтобы прогреть смесь в краях установок с коробчатыми отражателями, излучатели в них размещают так, чтобы мощность краевых излучателей была не менее 50%.

Инфракрасные установки ставят на таком расстоянии друг от друга, чтобы прогреть все участки бетонной поверхности.

Прогрев бетона инфракрасными лучами условно делят на три

периода: выдержку бетона и его разогрев; изотермический прогрев; остывание.

Общую продолжительность прогрева и время отдельных периодов определяют расчетом.

Инфракрасный обогрев обеспечивает хорошее качество термообработки бетона. При использовании инвентарных излучателей не требуется дополнительно расходовать металл на электроды. Ориентировочный расход электроэнергии на прогрев бетона 120—200 кВт·ч/м³.

Способ инфракрасного обогрева применяют для термообработки бетона в тонкостенных конструкциях с большим модулем поверхности (например, стен, бетонируемых в скользящей опалубке, плит, балок). Этот метод применяют также для отогрева замерзшего бетона в рабочих швах, при укладке бетона в штрабы, а также для отогрева арматуры, закладных деталей и «активной» поверхности опалубки-облицовки перед укладкой в нее бетона.

§ 3. Индукционный прогрев

Способ термообработки бетона в электромагнитном поле (индукционный прогрев) основан на использовании магнитной составляющей переменного электромагнитного поля. При этом энергия магнитного поля преобразуется в тепловую в арматуре или стальной опалубке и передается бетону.

Интенсивность термообработки при индукционном прогреве не зависит от электрофизических свойств бетона, а определяется электрическими и магнитными свойствами источников тепла, т. е. арматуры и металлической опалубки, и напряженностью магнитного поля.

Индукционный прогрев применяют для термообработки линейных протяженных железобетонных конструкций (например, колонн, балок, труб, каналов).

Различают две принципиальные схемы индукционного прогрева: по схеме индуктивной катушки с железом и по схеме трансформатора с сердечником. Более широко применяют первую схему. При этом прогреваемая конструкция находится в полости индукционной обмотки, выполненной в виде цилиндрического или прямоугольного соленоида. Тепло выделяется стальной опалубкой или арматурой, направление которой совпадает с осью соленоида.

При расчете параметров индукционной системы определяют: число витков N обмотки индуктора при заданном режиме термообработки и выбранном напряжении U_T , силу тока в индукторе I , коэффициент мощности $\cos \varphi$, полную мощность системы P_c .

Число витков индуктора определяют по формуле

$$N = U_T / (R_0 H), \quad (16-1)$$

где R_0 — полное сопротивление системы, Ом; H — напряженность магнитного поля, А/см; U_T — напряжение электрического тока, В.

Силу тока определяют из выражения

$$I = Hh/N, \quad (16-2)$$

где h — длина (высота) индуктора, см.

Коэффициент мощности системы определяют по формуле

$$\cos \varphi = r_0 / R_0, \quad (16-3)$$

где r_0 — активное сопротивление системы, Ом.

Полную мощность системы определяют по формуле

$$P_c = P_{as} / \cos \varphi, \quad (16-4)$$

где P_{as} — активная электрическая мощность индуктора, кВт.

По условиям безопасности индукционный прогрев смеси ведут на пониженном напряжении от 36 до 12 В. При обеспечении надежной изоляции напряжение можно повысить до 220—380 В.

Перед началом бетонирования по наружным граням конструкции устанавливают деревянные шаблоны для размещения витков индуктора. Для компенсации теплопотерь в местах соприкосновения укладываемого бетона с наружным воздухом или ранее уложенным бетоном шаг между витками уменьшают.

В пазы шаблона укладывают изолированный провод соответствующего сечения, который образует своеобразный индуктор. Для отогрева ранее уложенного бетона, арматуры и металлической опалубки включают индукционный прогрев их до бетонирования.

Для увеличения прочности бетона рекомендуется выдерживать его в течение первых 2—3 ч после укладки при минимальной положительной температуре (5—8°С). Для этого периодически включают индуктор на 5—10 мин в каждый час предварительного выдерживания.

Скорость подъема температуры бетона в зависимости от модуля поверхности, степени армирования и материала опалубки колеблется от 5 до 15°.

По достижении бетоном расчетной температуры напряжение либо отключают и бетон выдерживают методом термоса, либо переходят на изотермическое выдерживание. Для этого индуктор переключают на более низкое напряжение или переходят на импульсный режим работы, т. е. периодически включают и выключают напряжение.

Индукционный прогрев имеет ряд преимуществ по сравнению с другими способами электротермообработки бетона. Он обеспечивает равномерность прогрева по сечению и длине конструкции, позволяет вести без дополнительных источников тепла предварительный отогрев арматуры, металлической опалубки и ранее уложенного бетона; достаточно просто вести прогрев насыщенных арматурой каркасных конструкций; исключить расход металла на электроды.

Примерный расход электроэнергии при индукционном прогреве 120—150 кВт·ч/м³ бетона.

Целесообразно применять этот метод для термообработки бетона на сильно насыщенных арматурой каркасных конструкций.

Термоактивной называют опалубку, металлические щиты которой оснащены электрическими нагревательными элементами и утеплены.

Примером удачной конструкции термоактивной опалубки может служить конструкция, разработанная в ЦНИИОМТП (рис. 16-5) на основе стальной опалубки «Монолит-72». Ее металлические щиты с тыльной стороны имеют электрические нагреватели, выполненные из кабеля с большим омическим сопротивлением, нихромовой проволоки, тканых стальных или латунных сеток или трубчатых электронагревателей.

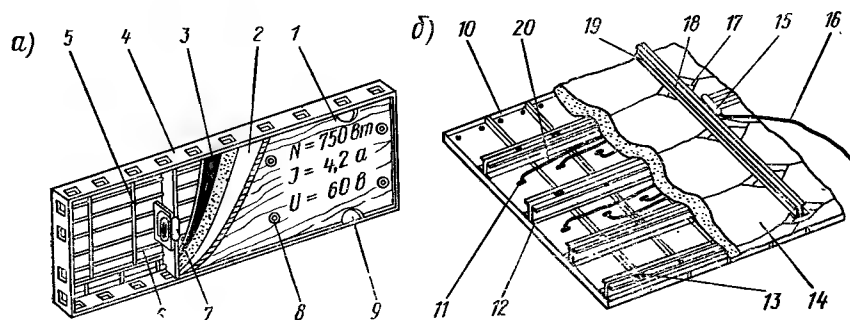


Рис. 16-5. Термоактивная опалубка конструкции ЦНИИОМТП:

а — щит; б — крупноразмерная панель; 1 — фанерная крышка; 2 — утеплитель; 3 — экран из фольги; 4 — ребро каркаса; 5 — клеммера; 6 — греющий кабель; 7 — вилка инвентарного разъема; 8 — шпилька; 9 — вырез для установки натяжного крюка; 10 — термоактивный щит; 11 — инвентарный разъем; 12 — схватка; 13 — натяжной крюк; 14 — шлаковойлочное одеяло; 15 — клеммная коробка; 16 — кабель; 17 — отверстие; 18 — Т-образный болт; 19 — связь; 20 — коммутирующий кабель

Электронагревательные элементы должны быть надежно изолированы от щита. На некотором расстоянии от нагревателей укладывают слой фольги, затем слой утеплителя из шлако- или стекловаты. Для защиты утеплителя от увлажнения и механических повреждений щит имеет фанерную крышку. Для включения в электрическую сеть щит опалубки имеет вилку инвентарного разъема, на которую выведены все концы электронагревателей.

Термоактивная опалубка потребляет электрический ток напряжением 40—121 и 220 В.

Мощность, потребляемая термоактивной опалубкой на 1 м² поверхности, колеблется в значительных пределах (табл. 16-1).

Каждый щит термоактивной опалубки имеет маркировку, в которой указывают, в частности, его электрические параметры (мощность, силу тока и напряжение).

Термоактивную опалубку устанавливают в блок бетонирования отдельными щитами вручную или укрупненными панелями с помощью кранов. Крепят щиты и панели так же, как и в летних условиях при использовании опалубки «Монолит-72».

Рекомендуемые мощности нагревателей щитов термоактивной * опалубки, Вт/м²

Расчетная температура воздуха, °С	Модуль опалубливаемой поверхности				
	2—4	4—6	6—8	8—10	более 10
—20	600	700	800	900	100
—25	650	750	850	950	1100
—30	700	800	900	1000	1100
—35	800	900	1000	1100	1200

* При утеплителях с коэффициентом теплопередачи, равным 2,46—2,67 кВт/(м²·К).

После закрепления щитов подсоединяют их и панели к электрической сети. С этой целью используют установки ЦНИИОМТП для питания термоактивной опалубки и управления режимом прогрева бетона. Они состоят из понижительного трансформатора ТМО-50, системы разводки, щита управления и помещения для дежурного электрика или оператора. Установка ЦНИИОМТП обеспечивает питание 100—150 м² термоактивной опалубки.

При необходимости перед бетонированием прогревают арматуру и ранее уложенный бетон. Для этого на непродолжительное время включают термоактивную опалубку, предварительно укрыв сверху блок бетонирования брезентом или полиэтиленовой пленкой.

Минимальная температура укладываемой бетонной смеси +5°С. Укладывают ее обычными методами. При этом принимают меры против повреждения электрокабелей, а также против увлажнения утеплителя.

Для снижения теплопотерь и защиты от снега блоки бетонирования следует укрывать брезентом, а бетонную смесь подавать через люки в покрытии. Перерывы в бетонировании не должны превышать 1,5—2 ч. При послойном бетонировании высоких стен и массивных фундаментов под оборудование термоактивную опалубку включают поярусно, начиная с нижних щитов.

Для сокращения расхода электроэнергии и получения к моменту распалубки проектной или близкой к этому прочности бетона нужно стремиться к коротким срокам тепловой обработки при возможно более высоких температурах прогрева. При этом следует учитывать экзотермию бетона и величину модуля поверхности конструкции (табл. 16-2).

Для уменьшения потерь влаги и тепла открытые бетонные поверхности укрывают полиэтиленовой пленкой или рубероидом, утепляют шлаковой, опилками или пенополистирольными плитами.

Ориентировочный расход электроэнергии при использовании термоактивной опалубки 100—160 кВт·ч/м³ бетона.

Температурные показатели при обогреве конструкций в термоактивной опалубке

Температурный показатель	Модуль опалубливаемой поверхности				
	до 4	4—6	6—8	8—10	более 10
Максимальная скорость подъема температуры, град/ч	5	5	6	8	10
Максимальная температура пристенного слоя бетона, °С	35	45	55	60	60
Максимальная скорость охлаждения конструкции, град/ч	5	5	6	8	8

Щиты или панели термоактивной опалубки по окончании термообработки отрывают по возможности осторожно ручными винтовыми домкратами или с помощью кранов и специальных отрывных устройств.

Выдерживают бетон после снятия термоопалубки под покрытием из пленки, брезента или под инвентарными тепляками. При этом нужно избегать резкого охлаждения, которое вызывает большие температурные напряжения в бетоне и его растрескивание. Способ обработки бетона в термоактивной опалубке отличается простотой и технологической надежностью. Опалубку можно использовать практически при любых морозах. Экономится металл на изготовление электродов, кроме того, возможно легко регулировать режимы термообработки и в специальных установках ЦНИИОМТП автоматически контролировать температуру бетона.

Термоактивную опалубку можно применять для возведения самых разнообразных конструкций. Экономически целесообразно ее использовать при температурах наружного воздуха ниже -20°C и модуле поверхности конструкций более 6 м^{-1} .

§ 5. Паропрогрев бетона

Способ паропрогрева обеспечивает благоприятные тепловлажностные условия для ускоренного твердения бетона. Однако по ряду причин (сложность сетей и устройств, высокая стоимость, большие теплопотери и др.) этот способ применяют в основном на тех объектах, где имеется избыток пара, а электресурсы ограничены.

Для прогрева монолитного железобетона применяют также пар низкого давления 0,5—0,7 ат с температурой 80—95°С. Примерный режим паропрогрева: скорость подъема температуры не более 5—10 град/ч; изотермический прогрев при температуре 80°С для бетонов на портландцементе и 95°С — на шлакопортландцементе и

пуццолановом цементе. Скорость остывания бетона должна быть 10 град/ч. Паропрогрев бетона рекомендуется вести до набора им проектной прочности или близкой к ней.

Паропрогрев бетона ведут путем пуска пара в тепляки и паровые рубашки (рис. 16-6, а—г), а также с помощью специальной капиллярной опалубки (рис. 16-6, д).

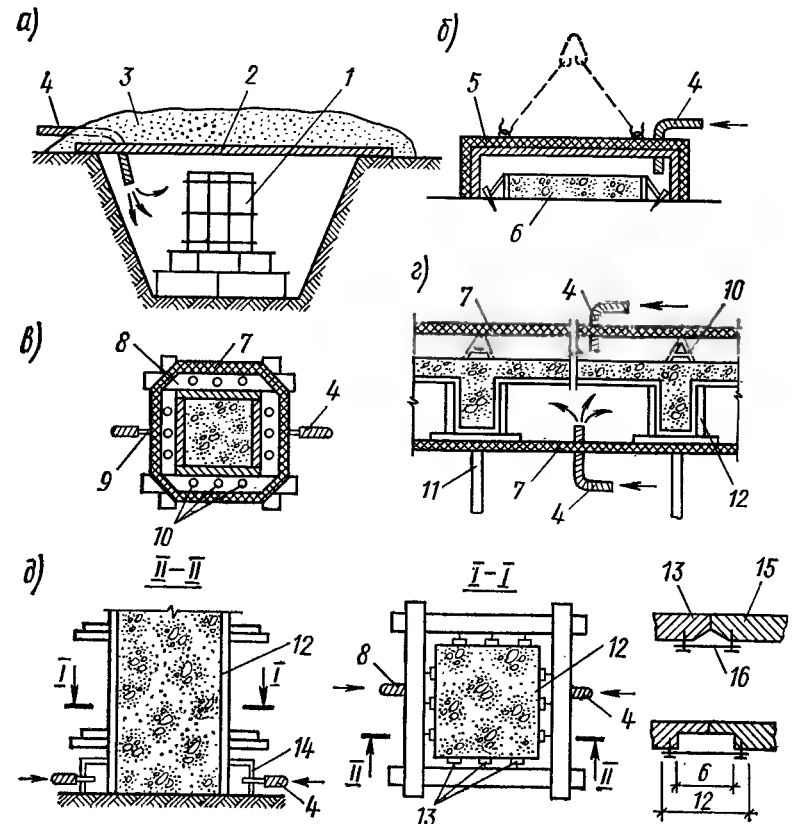


Рис. 16-6. Паропрогрев бетона:

а, б — в тепляках; в, г — в паровых рубашках; д — капиллярная опалубка колонны; 1 — прогреваемый фундамент; 2 — настил; 3 — утеплитель из опилок; 4 — шланг-паропровод; 5 — съемный тепляк; 6 — прогреваемая плита; 7 — теплоизолирующая обшивка; 8 — хомут; 9 — шутигер; 10 — козелки; 11 — стойки; 12 — щит капиллярной опалубки; 13 — пазы-капилляры; 14 — распределительный короб; 15 — палуба щита; 16 — стальная полоса

Способ паропрогрева в тепляках (рис. 16-6, а, б) применяют для выдерживания бетона фундаментов, башмаков и фундаментных плит. Пар подают в тепляки по шлангам; тепляки устраивают из подручных материалов или делают переносными, обеспечивая при этом достаточную теплоизоляцию бетона.

Паровые рубашки (рис. 16-6, в, г) устраивают при бетонировании колонн, ригелей, балок и плит междуэтажных перекрытий с

модулем поверхности 10—20 м⁻¹. Такие рубашки представляют собой пространство, образованное опалубкой и паронепроницаемой обшивкой, по которому циркулирует пар. Обшивку ведут по ребрам или хомутам опалубки. Для снижения теплопотерь обшивку обивают пергамином или полиэтиленовой пленкой и утепляют. Пар в рубашку подают по шлангам снизу; для его прохождения в горизонтальных ребрах (хомутах) устраивают отверстия. При прогреве в паровых рубашках горизонтальных конструкций пар подают через 1,5—2,0 м длины конструкции.

Недостаток паровых рубашек — неравномерность прогрева и большой расход пара.

Для прогрева колонн и стен применяют более эффективную капиллярную опалубку (рис. 16-6, д). Она конструктивно несколько проще, чем паровые рубашки, и на ее устройство требуется меньше материалов. Деревянные щиты со стороны, обращенной к бетону, имеют треугольные или прямоугольные пазы, которые зашивают стальными полосками. Внизу щита устроен горизонтальный распределительный короб со штуцером для шланга-паропровода.

Щиты капиллярной опалубки устанавливают так, чтобы пазы-капилляры были вертикальны. После закрепления щитов их утепляют плитами из шлако- или стекловаты. Паропрогрев в такой опалубке более эффективен вследствие лучшей теплоотдачи. Однако отдельные капилляры могут закупориваться конденсатом и ухудшать процесс термообработки бетона. Несмотря на сложность, паропрогрев применяют благодаря хорошему качеству термообработки.

§ 6. Охрана труда

При бетонировании в зимних условиях рабочие чаще всего получают в стесненных условиях тепляков ожоги паром, нередко случаи электротравматизма и отравления хлористым кальцием.

К бетонированию в зимних условиях допускают рабочих, получивших специальный инструктаж и обеспеченных необходимой спецодеждой и средствами индивидуальной защиты. К обслуживанию паровых сетей, электроустановок и контролю за режимами термообработки допускают только специально подготовленных рабочих (электриков, операторов, лаборантов).

При бетонировании в тепляках между рабочими, которые находятся там, и машинистами кранов бетононасосов или транспортеров должны быть установлены зрительная, звуковая или радиосвязь.

В случае приготовления бетонной смеси с добавкой хлористого кальция необходимо исключить попадание его раствора или паров в помещение операторской.

При предварительном электронагреве бетонной смеси запрещается подавать напряжение на электроды без предварительного заземления бадей или кузова автосамосвала и выхода обслуживающего персонала за пределы огражденной опасной зоны. Входить

в эту зону для замеров температуры бетонной смеси и других целей разрешается только после снятия напряжения.

Подключать и обслуживать электронагреватели инфракрасного излучения разрешается только специально обученному персоналу. При этом должны быть приняты меры против ожогов и электротравматизма.

Места термообработки бетона индукционным способом (при напряжении 220—380 В), а также с применением термоактивной опалубки необходимо ограждать и в ночное время включать сигнальное освещение.

Все подающие паропроводы должны быть тщательно изолированы и при необходимости испытаны. При появлении утечки пара подачу его нужно временно прекратить для устранения утечки. Выходить рабочим в тепляки разрешается только после отключения подачи пара и снижения температуры в нем до 50°С.

ГЛАВА 17

ЭЛЕКТРОПРОГРЕВ БЕТОНА

§ 1. Общие сведения

Способ электропрогрева бетона основан на использовании выделяемого тепла при прохождении через него электрического переменного тока. Количество тепла, выделяемого в бетоне при прохождении через него тока, определяют по формуле Джоуля—Ленца:

$$[Q = 3,61 I^2 R = 3,61 UI = 3,61 (U^2 / R) \text{ Дж.}]$$

где I — величина тока, А; R — омическое сопротивление участка бетона, Ом; U — напряжение, В.

Для перевода электрической мощности P в тепловую применяют электрический эквивалент тепла, составляющий 3628,8 Дж/кВт:

$$P = Q / 3628,8 \text{ кВт.}$$

Для подведения напряжения используют электроды различной конструкции и схем расположения, между которыми протекает ток. В зависимости от расположения электродов и места прохождения тока прогрев подразделяют на сквозной и периферийный. При сквозном прогреве ток протекает через массу бетона и тепловая энергия выделяется в теле конструкции. В случае периферийного прогрева ток протекает через бетон между электродами, установленными по наружной поверхности конструкции. Бетон прогревается теплопередачей тепловой энергии от периферии внутрь конструкции.

Способ сквозного прогрева применяют для ускорения твердения бетонных и малоармированных железобетонных конструкций, так как арматура, являясь хорошим проводником, значительно искажает линии тока, создавая неравномерность температурных полей.

Периферийный же способ применяют для прогрева конструкций с одной стороны при толщине их до 20 см и для прогрева конструкций толщиной более 20 см с двух сторон.

Преимущество электродного прогрева заключается в том, что тепло, выделяющееся непосредственно в бетон, позволяет при соответствующих условиях получить равномерное температурное поле и добиться высокого коэффициента полезного действия этого способа.

Электропрогрев применяют не только для ускорения твердения бетона, но и для предотвращения его от замораживания и создания благоприятных условий твердения в зимнее время года. Вместе с тем для получения необходимых технических характеристик бетона при прогреве необходимо создать оптимальные условия для твердения бетона и исключить появления деструктивных процессов.

Ввиду того что легкие бетоны имеют более высокий коэффициент сопротивления теплопередачи и прогревать их внешними нагревателями затруднительно, вести прогрев их с помощью электродов с выделением тепла в толще конструкции наиболее целесообразно. Кроме того, электропрогрев уменьшает влажность легких бетонов и улучшает их физико-механические и теплотехнические характеристики.

§ 2. Электрическое сопротивление бетона

Интенсивность и количество выделяемой тепловой энергии в бетоне при прохождении тока зависит от электрической мощности, напряжения и электрического сопротивления бетона.

Удельное электрическое сопротивление бетона ρ меняется в процессе твердения и прогрева, поэтому напряжение изменяют ступенями с помощью понижающих трансформаторов для сохранения необходимых токовых нагрузок и поддержания режимов прогрева.

Величина электрического сопротивления ρ зависит главным образом от состава и удельной величины жидкой фазы бетона. При этом значительное влияние на снижение ρ оказывает увеличение расхода цемента и воды.

Удельное электрическое сопротивление тяжелых бетонов равно примерно 5 Ом·м, легких — 8 Ом·м. Характер изменения ρ в процессе твердения бетона показан на рис. 17-1. В начале твердения с увеличением

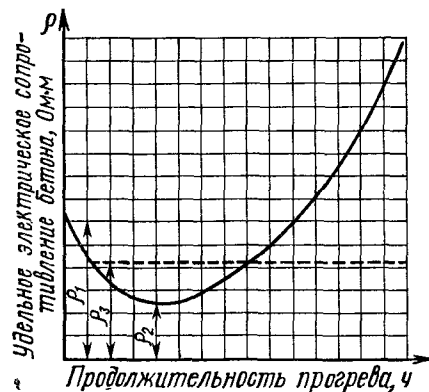


Рис. 17-1. Изменение удельного электрического сопротивления бетона ρ в процессе твердения:

ρ_1 — начальное; ρ_2 — минимальное; ρ_3 — среднее, расчетное

ем содержания электролитов в жидкой фазе сопротивление заметно снижается, затем при химическом связывании и частичном испарении воды оно начинает интенсивно возрастать.

Величину начального и минимального удельного сопротивления бетона определяют лабораторным путем. Расчетное сопротивление принимают как среднюю величину $\rho_{нач}$ и $\rho_{мин}$. Расчетная величина ρ равна примерно 0,85 $\rho_{нач}$ у тяжелых и 0,8 $\rho_{нач}$ у легких бетонов.

Удельное сопротивление легких бетонов на пористых заполнителях зависит от тех же факторов, что и тяжелых. Однако из-за интенсивного поглощения жидкой фазы пористыми заполнителями в начальный период сопротивление имеет повышенное значение. При нагреве бетона жидкая фаза вытесняется из заполнителей при расширении в них воздуха и величина ρ снижается.

Наличие добавок электролитов в бетоне снижает его электрическое сопротивление (табл. 17-1).

Таблица 17-1

Характер уменьшения величины удельного электрического сопротивления ρ бетона при введении добавок

Добавка	Количество добавки, %, от массы воды затворения					
	0	0,5	1,0	1,5	2,0	3
Хлористый кальций	1	0,85	0,70	0,60	0,50	0,40
Хлористый натрий	1	0,80	0,60	0,50	0,45	0,35
Хлорное железо	1	0,88	0,77	0,69	0,62	0,53
Азотнокислый натрий (нитрит натрия)	1	0,84	0,69	0,58	0,49	0,39
Азотнокислый кальций (нитрит кальция)	1	0,86	0,72	0,63	0,54	0,48

§ 3. Электроды для прогрева бетона

В установках для электропрогрева бетона применяют пластинчатые, полосовые (ленточные), стержневые, струнные, а также кольцевые типы электродов. Не рекомендуется использовать в качестве электродов арматуру во избежание пересушивания и перегрева прилегающих к ней слоев бетона и уменьшения сцепления. В исключительных случаях при использовании арматуры режимы прогрева должны быть достаточно мягкими, скорость подъема температуры не должна превышать 10 град/ч.

Использовать арматуру в качестве электродов допускается при армировании конструкций отдельными плавающими, не связанными между собой стержнями и сетками. Конструкция и схема расположения электродов должны обеспечивать необходимый режим прогрева, в первую очередь равномерность температурного поля.

Предпочтительнее располагать электроды снаружи бетонируемых конструкций; в этом случае их можно использовать многократно и осуществлять всю разводку до начала бетонирования.

Пластиначатые электроды представляют собой пластины, которые располагают с противоположных сторон прогреваемой конструкции и закрепляют в опалубке, которую в месте их установки нужно изолировать. Размеры электродов должны соответствовать

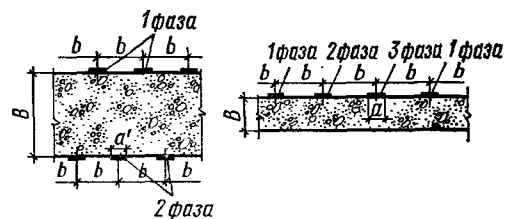


Рис. 17-2. Схема размещения полосовых электродов:

слева — при сквозном прогреве; справа — при периферийном; a' — ширина пластиначатого электрода

размерам поверхности конструкции. Для создания безопасных условий работы в качестве электродов можно использовать металлические опалубочные щиты. Для этих целей применяют также металлическую палубу щита, изолированную от каркаса. Полосовые электроды изготовляют из кровельной или листовой стали.

При толщине прогреваемых конструкций B , м, расчетном удельном сопротивлении бетона ρ , Ом·м, и напряжении U , В, выделяемая удельная электрическая мощность, кВт/м³, составит

$$P = \frac{U^2 \cdot 10^{-3}}{B^2 \rho}.$$

Полосовые электроды представляют собой полосы шириной от 20 до 50 мм, закрепляемые на некотором расстоянии друг от друга на щитах опалубки или накладных щитах при установке на открытых верхних поверхностях. Такие электроды изготовляют из кровельной или листовой стали. Вместо полос при периферийном прогреве применяют также круглые стержни. Применение полосовых электродов позволяет снизить расход металла.

Длина электродов (полосовых, стержневых, струнных) не должна превышать величин, при которых напряжение теряется более 5—8%.

Схема расположения электродов для сквозного и периферийного прогрева бетона показана на рис. 17-2. Удельная электрическая мощность при сквозном прогреве, кВт/м³, составляет

$$P = \frac{U^2 \cdot 10^{-3}}{\rho B^2 \left(1 + \frac{ab}{\pi B} \ln \frac{b}{2a} \right)};$$

при периферийном прогреве

$$P = \frac{1,57 U^2 \cdot 10^{-3}}{\rho b B \left(a \ln \frac{4B}{\pi a} + \frac{\pi b}{2B} \right)},$$

где a — ширина электрода; b — расстояние между электродами.

Стержневые электроды выполняют из круглой стали диаметром 5—8 мм. Их забивают в бетон после бетонирования или закрепляют на опалубке. Для удобства подсоединения электроды должны выступать над поверхностью бетона на 5—8 см.

Стержневые электроды применяют при прогреве конструкций значительной толщины, сложной конфигурации, а также значительной степени армирования, т. е. тогда, когда применить полосовые или пластиначатые электроды не представляется возможным.

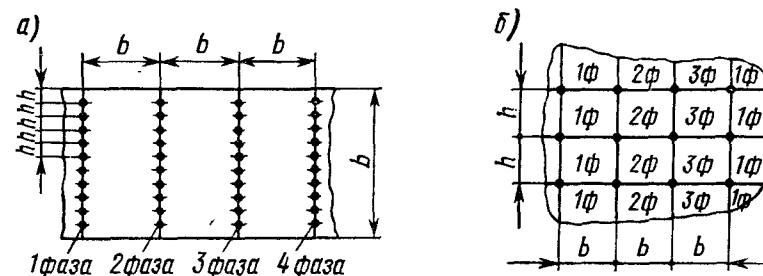


Рис. 17-3. Схема размещения стержневых электродов:

а — плоскими группами; б — отдельными электродами, расположенными в шахматном порядке

Для увеличения равномерности температурного поля отдельные стержни объединяют в плоские электродные группы (рис. 17-3). Удельная электрическая мощность, кВт/м³, в этом случае (при диаметре электрода d) составит

$$P = \frac{3,14 U^2 \cdot 10^{-3}}{\rho b h \left[a \ln \left(\frac{h}{\pi a} \right) + \frac{\pi b}{h} \right]},$$

где a — коэффициент, равный 1,5 при трехфазном токе и $a=2$ при однофазном; h — расстояние между электродами в группе; b — расстояние между группами электродов.

Одиночные стержневые электроды устанавливают в шахматном порядке (рис. 17-3). Применяют их при сложной конфигурации конструкций и высокой степени армирования.

Удельная электрическая мощность в этом случае будет равна

$$P = \frac{3,14 U^2 \cdot 10^{-3}}{\rho b^2 \left(a \ln \frac{b}{\pi d} + \pi \right)}.$$

Струнные электроды имеют вид струн, выполненных из стали диаметром 6—12 мм. Такие электроды применяют для прогрева протяженных бетонных конструкций (колонны, балки, прогоны, фундаментные опоры и др.) и устанавливают вдоль их оси. Такие электроды натягивают до бетонирования и подключают после укладки бетона.

Струнные электроды диаметром более 8 мм подвешивают к арматуре с помощью изоляционных прокладок или закрепляют со

стяжными болтами, пропущенными между поверхностями опалубки.

При подключении струн, установленных по оси конструкции (рис. 17-4), к одной фазе, а металлической опалубки (в исключительных случаях — к арматуре) — к другой электрическая мощность, кВт/м³, будет равна

$$P = \frac{6,28U^2 \cdot 10^{-3}}{\rho B \ln \frac{b}{d_2}}$$

При армировании конструкций четырьмя продольными стержнями, расположенными в углах,

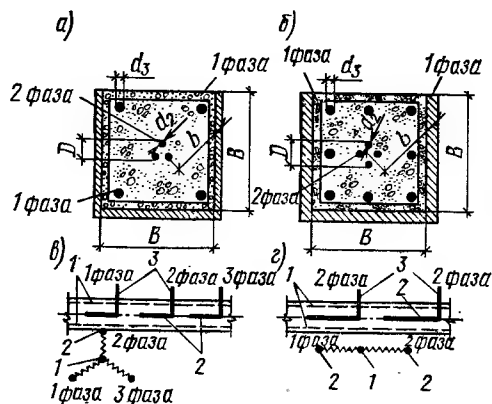


Рис. 17-4. Схема расположения струнных электродов:

а — при прогреве конструкций квадратного сечения с четырьмя арматурными стержнями в углах; б — то же, с часто расположенными арматурными стержнями и в металлической опалубке; в — с размещением вдоль продольной оси с использованием трех струн; г — то же, двух струн; 1 — арматура; 2 — струнные электроды; 3 — выводы для подведения напряжения

$$P = \frac{6,28U^2 \cdot 10^{-3}}{\rho B^2 \ln \frac{2b}{d_2} \sqrt[4]{\frac{b}{2d_3}}}$$

Для прогрева протяженных конструкций по их длине устанавливают несколько струн, подключаемых к разным фазам.

§ 4. Режимы прогрева бетона

Регулируют электропрогрев по температуре бетонных конструкций. Режимы прогрева должны обеспечить проектную прочность бетона и другие свойства, исключить температурные перепады и неравномерные температурные деформации.

При назначении режимов прогрева нужно учитывать физические изменения бетона и исключать сверхдопустимые деформации, а также остаточное расширение бетона. Режимы прогрева бетона назначают для обеспечения требуемой прочности в зависимости от типа прогреваемых конструкций с учетом состава бетона, активности цемента и других факторов. Прогрев целесообразно вести до получения 50 или 70% прочности бетона от марочной. Если необходимо получить большую прочность, следует увеличить марку бетона сверх проектной.

По расходу электроэнергии наиболее целесообразны режимы с высокой скоростью подъема температуры и максимально допус-

каемыми температурами прогрева (табл. 17-2). Создать такие режимы можно путем обеспечения благоприятных условий твердения и в случае отсутствия деструктивных процессов при прогреве. Возможность применения жестких режимов для данного типа конструкций и составов бетона следует проверять серией опытного прогрева.

Таблица 17-2

Максимально допускаемые температуры бетона при электропрогреве

Цемент	Максимальные температуры, °С, для конструкций с модулем поверхности		
	6—9	10—15	16—20
Шлакопортландцемент и пуццолановый портландцемент	80	70	60
Портландцемент и быстротвердеющий портландцемент (БТЦ)	70	65	55

Максимальную температуру прогрева более массивных конструкций выбирают из условия получения равномерного температурного поля и исключения высоких термонапряжений. Прогреть монолитные конструкции с жесткой заделкой и жесткими узловыми сопряжениями допускается при температуре не выше 40°.

Скорость подъема температуры не должна превышать 15 град/ч при прогреве каркасных и тонкостенных конструкций, 10 град/ч — конструкций с модулем поверхности 6 и более, 8 град/ч — то же, с модулем поверхности от 2 до 6. Скорость остывания бетона указана в табл. 17-3.

Таблица 17-3

Допускаемая скорость остывания бетонных конструкций

Конструкции	Модуль поверхности, м ⁻¹	Скорость остывания, град/ч
Бетонные и слабоармированные железобетонные	15—10	12
	9—6	5
	5—3	2—3
Железобетонные средние и сильноармированные	8—15	Не более 15

Необходимую температуру прогрева бетона поддерживают изменением напряжения, периодическим отключением и включением всего прогрева или части электродов. При отсутствии трансформа-

торов применяют саморегулирующиеся режимы прогрева при постоянном напряжении. Изменение силы тока и выделяемого в бетоне тепла происходит по мере твердения бетона при изменении его сопротивления.

Благоприятно влияют на формирование структуры бетона предварительная выдержка бетона перед началом прогрева при нормальной или пониженной температуре (до 5°С), а также ступенчатый режим прогрева, при котором температура поднимается до определенной величины и при ней происходит изотермическая выдержка с последующим быстрым подъемом температуры. По ступенчатому режиму прогревают особо ответственные конструкции и с предварительно напряженной арматурой.

Хорошие результаты дает импульсный прогрев бетона с переменным по заданному режиму чередованием импульсов подачи напряжения и пауз между ними. Для снижения мощности прогреваемых конструкций разбивают на группы с последовательной подачей импульсов.

§ 5. Особенности технологии и контроль

Прогреть бетон нужно в соответствии с проектом производства работ и технологическими картами, в которых должны быть схема установки электродов, перечислены необходимое оборудование и контрольно-измерительная аппаратура, указаны режимы прогрева, способы крепления и изоляции электродов.

Для сохранения проектного расстояния между электродами, а также между ними, арматурой и металлической опалубкой применяют текстолитовые или бетонные изоляторы, которые подвязывают к арматуре, электродам или опалубке.

Применяют также деревянные рейки, пропитанные маслом, которые извлекают по мере бетонирования. При этом изолируют металлические закладные детали.

Для удобства установки электроды объединяют в группы, связанные жесткими связями.

При установленных электродах бетонную смесь укладывают осторожно, чтобы не сместить их из проектного положения и не загрязнить выводы для подсоединения проводов.

По мере бетонирования все открытые поверхности укрывают теплоизоляционными материалами. Для предотвращения пересушивания бетона открытые поверхности закрывают водонепроницаемыми пленками, а деревянную опалубку пропитывают гидрофобными материалами.

После забивки электродов места вокруг них утрамбовывают или вибрируют для лучшего контакта с бетоном и заполнения пустот. Для плотного прилегания подвергают вибрированию также щиты с электродами, устанавливаемыми на открытые поверхности после бетонирования.

Во избежание трещин нагревание ребристых плит, балок и ригелей ведут с разрывами, бетонируют и прогревают их после остывания ранее прогретого бетона. Разрывы в балках на жестких опорах устраивают длиной не менее $\frac{1}{8}$ пролета и не менее 0,7 м; в ригелях многопролетных рам также разрывы оставляют через два пролета при длине рам до 8 м и через один — при большей длине, разрывы в ребристых перекрытиях устраивают в продольном и поперечном направлениях.

Подключать электроды, устанавливаемые по мере бетонирования, можно под напряжением, соблюдая правила охраны труда.

Опалубку и теплоизоляцию демонтируют после прогрева при охлаждении бетона до 5°С, не допуская ее примерзания.

Перепад температур при распалубке не должен превышать 20°С — для конструкций с модулем поверхности до 5; 30°С — то же, при модуле поверхности 5 и выше; 40°С — для бетонных и слабоармированных железобетонных конструкций; 50°С — для конструкций, армированных каркасами или двойными сетками.

При прогреве бетонных конструкций необходим постоянный контроль за напряжением прогрева, силой тока и температурой. Температуру в первые 3 ч прогрева измеряют каждый час, в последующем — через 2—3 ч. Температуру наружного воздуха измеряют три раза в сутки.

Перед бетонированием проверяют правильность установки электродов и их размеры. Перед включением прогрева нужно проверить правильность установки и подсоединения электродов, надежность контактов, расположение датчиков температуры, качество утепления. Надежность контактов проверяют после включения прогрева и переключения напряжения.

§ 6. Охрана труда

Все работники, занятые на прогреве бетонных конструкций, должны пройти инструктаж и иметь удостоверения о знании правил охраны труда.

Для прогрева применяют напряжение не выше 127 В. Использовать напряжения 220 В допускается для прогрева неармированных конструкций или отдельно стоящих конструкций, не связанных с другими общим армированием.

Открытая арматура, связанная с прогреваемым участком, должна быть заземлена. Зону прогрева нужно надежно оградить и оборудовать системой сигнализации и блокировки.

В сырую погоду и оттепель запрещается прогревать бетон на открытых участках. Поливать его водой разрешается только после отключения прогрева.

В зоне прогрева запрещено пребывание посторонних лиц и ведение других видов работ.

Замерять температуру при включенном прогреве разрешается только при напряжении не выше 60 В, при больших напряжениях прогрев нужно на это время отключать.

§ 1. Общие сведения

Зимнее бетонирование жилых и гражданских зданий обычно вызывает дополнительные затраты на мероприятия по созданию надлежащих условий твердения бетона и достижение им необходимых проектных характеристик.

Наиболее эффективный метод зимнего бетонирования — прогрев бетона. Он позволяет не только непрерывно вести работы зимой, но и интенсифицировать вызревание бетона, повысить скорость строительства и темп оборачиваемости опалубки.

Ввиду того что даже при интенсивном прогреве бетона на вызревание его уходит более половины времени возведения монолитных конструкций, выбор способов и режимов прогрева сильно влияет на трудоемкость и скорость строительства. Жесткие режимы прогрева, позволяющие получать необходимую прочность бетона в короткие сроки, связаны с дополнительными затратами средств и энергии. Кроме того, они снижают качество бетонных конструкций, приводят к неравномерным и высоким деформациям опалубки и, как следствие, удорожают и утяжеляют опалубку или снижают точность выполнения монолитных конструкций.

С другой стороны, все безобогревные методы, как правило, не позволяют обеспечить высокие темпы возведения зданий. В зимнее время скорость бетонирования при безобогревных методах резко снижается и оказывается недостаточной, а в ряде случаев — неприемлемой, несмотря на дополнительные, порой высокие затраты.

Многие способы возведения зданий в зимних условиях неодинаково эффективны при использовании опалубок разного типа. Выбор тех или иных способов бетонирования нужно согласовать с общей технологией возведения зданий.

Применяют следующие способы зимнего бетонирования: метод введения противоморозных добавок в бетон и ускорителей твердения; использование укрытий и тепляков, поддерживая под ними нормальную или повышенную температуру, а также нагрев герметически закрытых пространств при бетонировании зданий с замкнутыми крупноразмерными ячейками; прогрев внутренними источниками тепла и электрическим током; обогрев внешними источниками тепла, находящимися в контакте с бетоном; предварительный разогрев бетонной смеси, в том числе с помощью электрического тока; применение термоактивной опалубки.

Опыт введения противоморозных добавок в бетон в жилищном строительстве пока недостаточен, хотя их широко применяют при производстве бетонных работ в зимних условиях. При небольших объемах и невысоких скоростях строительства использование добавок в ряде случаев оказывается достаточно эффективным. Однако как основной метод без применения дополнительного прогрева бе-

тона он не эффективен, особенно при возведении зданий с монолитными перекрытиями и широким шагом несущих стен.

Основным недостатком метода является низкая скорость набора прочности бетоном и невысокий темп оборачиваемости опалубки. Кроме того, некоторые добавки (например, ускорители твердения — хлористые соли) ухудшают качество поверхности.

Для набора прочности бетоном стен не менее 50 кгс/см^2 и 70—80% проектной бетоном перекрытий необходимо утеплять или укрывать бетонные поверхности, увеличивать количество комплектов переставной опалубки, утеплять или прогревать ее.

Укрытия и тепляки используют у нас при возведении зданий в скользящей опалубке, в том числе в комбинации с дополнительным прогревом бетона инфракрасными и другими внешними нагревателями. Тепляки можно использовать для прогрева верхней зоны бетона перекрытий с подачей под них пара или горячего воздуха. Недостатки такого способа прогрева существенны: это неизбежно большие теплотери и незначительное использование тепловой мощности, неравномерность температурного поля, громоздкая система паропроводов, неудовлетворительные санитарно-гигиенические условия работы.

При возведении зданий в скользящей опалубке тепляки или шатры устанавливают над рабочим полом и наружными подмостями. Для предохранения бетона от раннего замерзания и уменьшения температурных напряжений ниже подмостей устанавливают фартуки. Зазоры между стеной и подмостями нужно уплотнить и закрыть проемы в наружных стенах. Рабочий пол и настил подмостей тоже уплотняют. Прогревают бетон большей частью горячим воздухом, который нагревается калориферами различных систем. Дополнительно можно прогревать бетон в термоактивной опалубке с различного рода нагревателями, устанавливаемыми ниже щитов опалубки. Нагревателями могут быть паровые регистры, инфракрасные излучатели, радиационно-конвективные греющие установки. Применение паровых регистров вызывает значительные затраты на оборудование опалубки, установку паро- и конденсатопроводов. Более просто и легко монтировать электрические нагревательные элементы — излучатели и конвективные установки. Однако использовать локальные нагреватели при бетонировании в скользящей опалубке затруднительно из-за возможности сверхдопустимых температурных перепадов, напряжений и температурных деформаций участков стен и даже всего сооружения из-за трудности надежного контроля температуры твердения бетона. «Скользят» термопары или другие датчики температуры дают большой разброс показаний и неточные замеры.

В конечном счете применять скользящую опалубку в зимних условиях, несмотря на определенный положительный опыт, малоцелесообразно; необходимость зимнего строительства нужно каждый раз экономически обосновывать. Организация прогрева бетона в переставных опалубках вызывает меньше затруднений и дает лучшие результаты. Если же решено использовать скользящую

опалубку в зимних условиях, наиболее целесообразно использовать противоморозные добавки в комбинации с БТЦ.

При бетонировании стен зданий с замкнутыми крупноразмерными ячейками бетон можно обогревать путем создания высокой температуры непосредственно в такой ячейке. Такой метод целесообразен, в частности, при использовании объемно-переставной опалубки, образующей длинные туннели. Однако эффективность такого прогрева значительно зависит от хорошей герметизации ячеек. При использовании пара обычно образуются наледи и подтеки (из-за сложности отвода конденсата), усложняющие работу, и ухудшается качество поверхностей. Разветвленная сеть паропроводов приводит к дополнительным потерям тепла и трудовым затратам на их утепление. Поэтому целесообразнее использовать для прогрева бетона горячий воздух. Торцы туннелей опалубки закрывают утеплителем, металлическую опалубку не утепляют. Для прогрева воздуха используют воздушонагреватели электрические и работающие на жидком топливе.

Применение горячего воздуха, хотя и имеет ряд преимуществ перед паром, приводит, однако, к большим потерям тепла; контроль режима прогрева менее надежен, чем при использовании термоактивной опалубки; автоматизация прогрева трудно осуществима, трудно добиться равномерности температурного поля. К тому же при подаче горячего воздуха хуже прогревается верхняя зона бетона перекрытий, работающая на сжатие. Поэтому данный метод прогрева целесообразно применять при небольших отрицательных или низких положительных температурах наружного воздуха при достаточно надежной и герметичной тепловой изоляции. Для прогрева верхней зоны бетона перекрытий необходимо устанавливать тепляки с подачей воздуха под них.

Электродный способ прогрева бетона, широко применяемый на заводах сборного железобетона, а также при бетонировании достаточно массивных конструкций, ограниченно применяют в жилищном строительстве вследствие его особенностей. При использовании металлической опалубки необходима дополнительная изоляция форм, равномерное температурное поле трудно создать в тонкостенных густоармированных конструкциях: нередко требуется изменять их армирование с перерасходом арматуры.

Прогреваемая захватка с целью безопасности выполнения работ должна быть автономной, достаточно надежно изолированной и не связана общим армированием с соседними участками, что создает определенные трудности при возведении зданий.

Вместе с тем на электродный прогрев требуются относительно невысокие первоначальные затраты и его можно легко организовать. Периферийный прогрев полосовыми электродами, в том числе односторонний, можно применять для прогрева бетона перекрытий сверху. Он позволяет получить достаточно равномерное температурное поле и добиться относительно высоких скоростей прогрева.

В качестве источника тепла для нагревания бетонной конструкции можно применять греющие кабели, закладываемые в бетон. При наличии недорогих кабелей в пластмассовой оболочке такой способ прогрева можно использовать в целом ряде случаев, хотя такие кабели не позволяют получать высокие температуры бетона. Применять более дорогие кабели целесообразно в том случае, если их можно использовать в дальнейшем для прогрева помещений при эксплуатации здания (в качестве отопительных и нагревательных приборов, теплого пола и т. д.).

Способ контактного прогрева, широко применяемый на заводах сборного железобетона в комбинации с прогревом через разделительную стенку, недостаточно технологичен на строительной площадке. Интенсивность контактного нагрева выше прогрева через разделительную стенку. При нагреве более интенсивно происходит тепло- и массообмен в бетоне, вследствие чего усиливаются нежелательные деструктивные процессы. В случае прогрева бетона инфракрасным излучением интенсивно испаряется влага и перегреваются поверхностные слои бетона. Интенсивность испарения можно снизить укрытием обрабатываемой поверхности светопрозрачной водонепроницаемой пленкой.

Метод контактного прогрева бетона с пуском горячего воздуха или пара под тепляк или с использованием инфракрасного излучения, несмотря на ряд недостатков, можно применять летом, а также зимой для прогрева бетона перекрытий сверху.

Предварительно прогревать бетонную смесь целесообразно методом электроразогрева. Этот способ имеет преимущества перед другими способами прогрева: уменьшаются деструктивные процессы, исключено остаточное расширение бетона, ускоряются процессы гидратации и экзотермии цемента, меньше снижается потенциальная прочность бетона и, наконец, меньше расходуется электроэнергия.

Однако этот метод невозможно применять как основной главным образом из-за сильной потери подвижности смеси при укладке, особенно зимой на открытом воздухе, а также значительных тепловых потерь при перегрузках смеси после ее укладки. Кроме того, укладка смеси с температурой 70° С и выше в относительно тонкостенные армированные конструкции стен вызывает значительные трудовые затраты и большие потери тепла при бетонировании перекрытий из-за открытых поверхностей. Вследствие указанных причин способ электроразогрева смеси можно применять в комбинации с дополнительным прогревом бетона в термоактивной опалубке.

При бетонировании в крупноразмерных переставных опалубках хорошие результаты получаются, если их оборудуют нагревательными элементами и применяют термоактивную опалубку. Для прогрева верхней зоны бетона перекрытий удобно применять греющие электроматы и термоактивные щиты.

В условиях строительной площадки наиболее удобно применять в конструкциях опалубки электрические нагреватели вследствие

того, что подача горячей воды или пара для прогрева бетона связана с трудоемкой установкой и перемонтажом сети водо- и паропроводов и их утеплением.

В ЦНИИОМТП были проведены исследования по определению оптимальной конструкции переставной опалубки с электрическими нагревателями при различной мощности и расположении их в греющей полости. Установлено, что наиболее эффективна передача тепла от нагревателей к поверхности опалубки излучением и теплопроводностью. Для этого нагреватели следует устанавливать с зазором 3—5 мм по отношению к рабочей поверхности опалубки, что способствует самопроизвольному выравниванию температур на опалубочной поверхности.

При низких скоростях подъема температуры в бетоне (порядка 7 град/ч) установка нагревателей небольшой мощности (порядка 0,3 кВт) с зазором 3—5 мм позволила получать равномерное температурное поле.

Режимы термообработки бетона назначают в зависимости от требуемой проектной прочности при распалубке (табл. 18-1) состава и вида бетона, а также температуры прогрева.

Режимы термообработки бетона ориентировочно можно назначать, пользуясь графиком набора прочности бетона при различных температурах прогрева (рис. 18-1).

Таблица 18-1

Требуемая прочность бетона при распалубке		
Конструкция	Фактическая нагрузка, % от нормативной	
	более 70	70 и менее
	Прочность бетона, % от проектной *	
С напрягаемой арматурой	100	80
Находящиеся в вечномерзлом грунте и колонны	100	80
Несущие (балки, ригели, плиты перекрытий пролетом 6 м и более)	100	80
Несущие пролетом до 6 м	100	70
Плиты пролетом до 3 м	100	70

* Если невозможно обеспечить требуемую прочность бетона, допускается применять бетон марки, увеличенной на одну ступень.

Режим прогрева должна уточнить строительная лаборатория после опытного прогрева бетона, приготовленного из местных материалов.

На рис. 18-1, а показан график роста прочности бетона, приготовленного на портландцементе марки 300—400 после двухчасовой предварительной выдержки и последующего подъема температуры

до 80° С в течение 3—4 ч и четырехчасового остывания бетона. Тот же режим отображен на графике прочности рис. 18-1, б—г. На рис. 18-1, в показано изменение прочности бетона, приготовленного на шлакопортландцементе марки 300, а на рис. 18-1, г — бетона, приготовленного на смеси жесткостью 30—40 с из портландцемента марки 300. Для керамзитобетона марок 150 и выше применяют режимы прогрева, аналогичные режимам прогрева тяжелых бетонов.

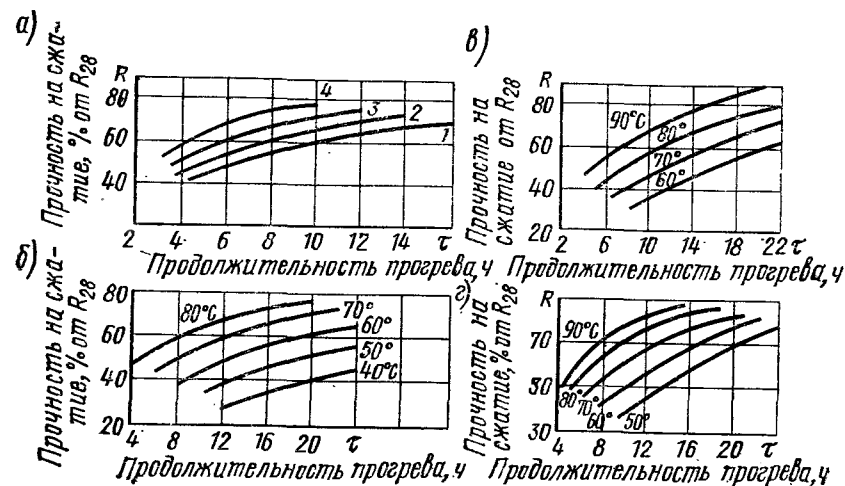


Рис. 18-1. Нарастание прочности бетона разных марок

а — бетона на портландцементе при температуре прогрева 80° С: 1 — бетон марки 200 ($B/C=0,67 \div 0,77$); 2 — бетон марки 300 ($B/C=0,6 \div 0,59$); 3 — бетон марки 400 ($B/C=0,4 \div 0,45$); 4 — бетон марки 500 ($B/C=0,33 \div 0,36$); б — интенсивность нарастания прочности бетона марки 200 на портландцементе при различных температурах изотермического прогрева; в — то же, на шлакопортландцементе при различных температурах изотермического прогрева; г — то же, керамзитобетона марок 50—100 на портландцементе при различных температурах прогрева

§ 2. Прогрев бетона в переставных опалубках. Конструкция опалубки

В качестве электрических нагревателей применяют греющие кабели, ТЭНы, коаксиальные и плоские нагреватели с запрессованной в пластмассе проволокой высокого сопротивления.

ТЭНы имеют ряд преимуществ перед другими нагревателями: они надежны, устойчивы при вибрации, стабильно потребляют электрическую мощность.

Преимуществом греющих кабелей является их небольшая масса, поэтому их применяют в разборно-переставных опалубках, монтаж и демонтаж которых ведут вручную. Применять их целесообразно для мягких режимов прогрева бетона и небольшой удельной электрической мощности. В этих случаях кабели укладывают вплотную к поверхности опалубки и энергия передается теплопереда-

чей. Для создания равномерного температурного поля укладывают кабели с небольшим шагом. Перегревы, неизбежные в местах укладки кабеля, при невысоких скоростях нагрева не достигают больших величин. Когда требуются высокие скорости подъема температуры в бетоне, целесообразно применять нагреватели типов ТЭНов.

Для обеспечения низких скоростей нагрева бетона (порядка 7 град/ч) нагреватели устанавливают на расстоянии 3—4 мм от палубы щита. При скорости подъема температура 16 град/ч и выше для получения равномерного температурного поля необходимо применять

отражательные экраны, изготавливаемые из материалов с высокой отражательной способностью (например, из алюминиевого листа или фольги).

Экраны позволяют лучше использовать тепловую мощность нагревателей и излучение нагретых участков поверхности, что способствует получению равномерного температурного поля на поверхности опалубки даже при высоких скоростях подъема температуры. Устанавливают экраны на расстоянии не менее 50—60 мм от поверхности нагревателя. При установке экранов на расстоянии 70—100 мм количество тепла, передаваемого через воздушную прослойку, весьма незначительно, вследствие чего можно применять опалубку без дополнительной (или незначительной) теплоизоляции.

Для исключения конвективной теплопередачи в греющей полости между экранами и нагревателями устанавливают перегородки или соты, а также двойные экраны. Для исключения влияния ветра греющую полость нужно герметизировать по периметру.

Оптимальная схема греющей опалубки показана на рис. 18-2. Длину нагревателей конечной длины (например, ТЭНов) выбирают равной ширине или высоте щита (рис. 18-3). Для их установки в ребрах щита прорезают отверстия, в которые вставляют электроизоляционные шайбы.

Для снижения массы и стоимости электрооборудования следует применять нагреватели большой мощности и, следовательно, меньше их числа. Для равномерного прогрева опалубки в труднодоступных местах, где невозможно установить нагреватели, необходимо применять двойные и фигурные экраны, а также опалубку с разными полями поглощения, с тем чтобы участки ее, более удаленные от нагревателей, были более зачернены (имели большую поглощательную способность).

При достаточно большом тепловом потоке отдельные участки можно предохранить от тепловосприятия окраской их в светлые или белые тона. Степень черноты для регулирования потока излу-

чения назначают пропорционально квадрату расстояния между нагревателем и воспринимающей поверхностью опалубки.

Для уменьшения теплопотерь и создания равномерного температурного поля ребра щитов нужно тщательно теплоизолировать. При больших оттоках тепла дополнительно, вплотную к ним, устанавливают низкоомные нагреватели. Для компенсации потерь тепла в нижележащие этажи здания и снижения температурных перепадов по высоте стен в нижней части щитов мощность увеличивают путем установки дополнительных нагревателей.

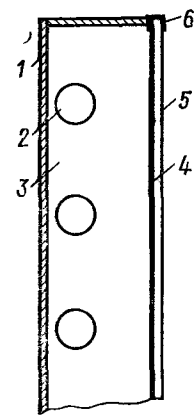


Рис. 18-2. Схема оптимальной греющей опалубки:

1 — палуба щита; 2 — нагреватель; 3 — греющая полость; 4 — экран; 5 — кожух; 6 — герметизация

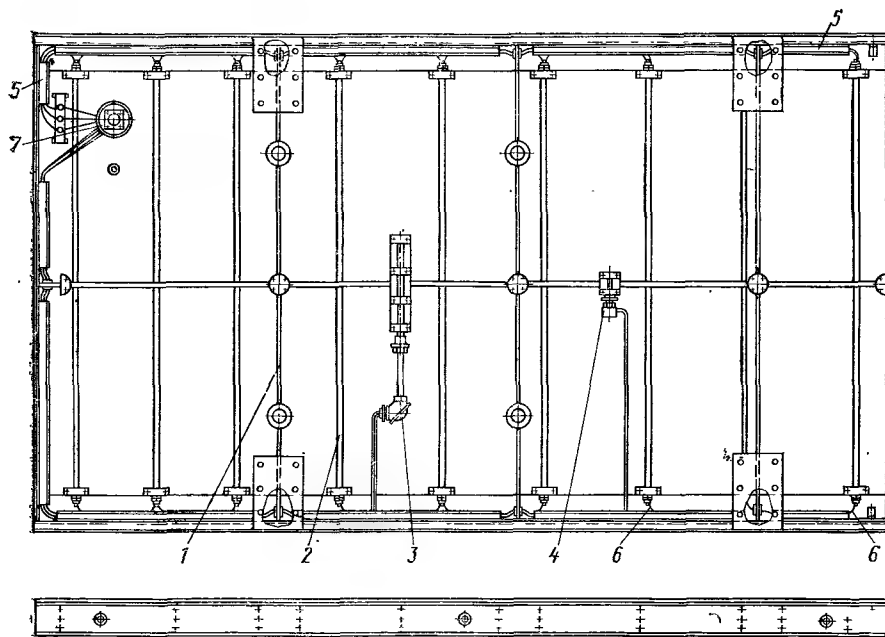


Рис. 18-3. Щит опалубки с ТЭНами:

1 — ребра каркаса; 2 — ТЭНы; 3 — термометр сопротивления (датчик ПРТЭ); 4 — температурное реле ТР-100; 5 — изолятор; 6 — провод медный теплостойкий с электроизоляционной трубкой; 7 — колодка

Датчики программного электронного регулятора температуры (ПРТЭ), которые одновременно показывают температуру, устанавливают в средней части щитов. Кроме того, на каждый щит монтируют биметаллические выключатели, которые отключают щит при превышении температуры изотермического прогрева бетона.

Датчики ПРТЭ без второго защитного кожуха устанавливают вплотную к палубе щита. Поверхность датчика, не соприкасающуюся с палубой, защищают от прямого излучения нагревателей; для этого датчик помещают в полуобойму, состоящую из теплоизоляционного слоя, алюминиевой фольги и защитного кожуха.

Для прогрева бетона перекрытий сверху применяют верхние термоактивные щиты или электрические маты. Конструкция термоактивных щитов аналогична конструкции щитов опалубки. Для снижения температурных деформаций бетона перекрытия верхние щиты имеют пригрузочную массу 10—20 г/см², а прикрепляют их к основной конструкции опалубки.

Электрические маты имеют разные размеры; снимают и устанавливают их вручную. Длина матов обычно соответствует пролету перекрытия с учетом укрытия открытых торцов стен. Маты и одеяла состоят из гибких нагревателей (провода с высоким сопротивлением, гибких сеток, графитовых шнуров и др.), установленных в гибкие электроизоляционные и водонепроницаемые слои.

В конструкцию мата может быть включен слой теплоизоляции. Применяют также одеяла без теплоизолирующего слоя (в этом случае теплоизоляцию устанавливают отдельно), а также специальные теплоизоляционные маты без нагревательных элементов.

Электроматы конструкции ЦНИИОМТП (рис. 18-4) состоят из нихромовой проволоки (нагревателя), теплоизоляции, стеклоткани и ткани из асбеста, фольги и водонепроницаемой оболочки.

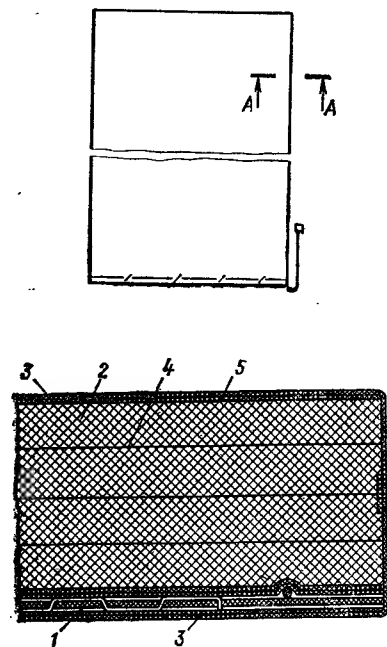


Рис. 18-4. Мат электрический:

1 — нагревательный элемент; 2 — слой теплоизоляции; 3 — водонепроницаемое стеклоплатно; 4 — простежка из стекловолокна; 5 — фольга

§ 3. Установки подключения опалубки, контроля и регулирования режимов прогрева бетона

Такая установка состоит из пультов управления, подводящего и подключающего кабелей.

Пульты управления имеют габариты, позволяющие устанавливать их в туннель объемно-переставной опалубки или на перекрытие между крупнощитовой опалубкой стен. Пульт управления конструкции ЦНИИОМТП имеют длину 2,2, ширину 0,835 и высоту 1,83 м. Масса пульта 750 кг. Пульт установлен на поворотные катки, вследствие чего он может прокатываться по перекрытию. Устанавливают пульт на другой этаж или захватку с помощью крана.

Пульт управления имеет металлический сварной корпус, в котором размещена электроаппаратура. На панели расположены контрольно-измерительные и сигнализационные приборы.

Электрооборудование включает следующие элементы: панели управления с измерительными электрическими приборами и аппаратами, сигнальные лампы, кнопки управления, счетчики электрической энергии, программные регуляторы температуры (ПРТЭ), штепсельные разъемы для подключения щитов опалубки и грею-

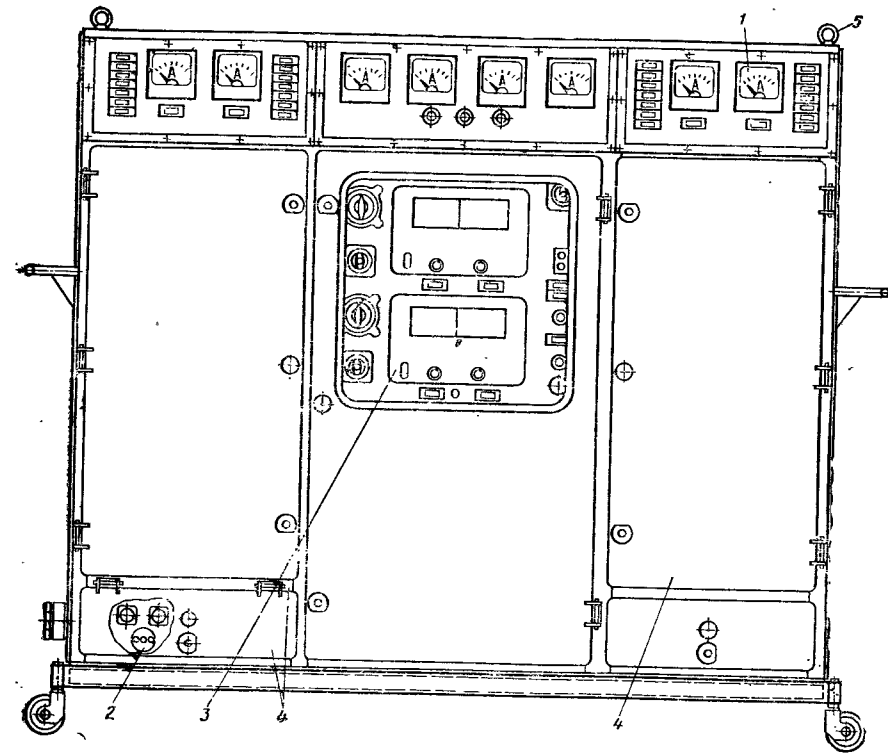


Рис. 18-5. Пульт управления:

1 — панель с приборами; 2 — штепсельная розетка; 3 — ПРТЭ; 4 — дверь; 5 — строповочный болт

щих матов, кабели для подключения к пульту управления щитов и матов, распределительные коробки для включения сигнальных фонарей, а также датчики, контролирующие температуру бетона под матами.

В установке предусмотрены специальные шкафы для хранения кабеля. Для подсоединения щитов после установки опалубки кабель нужной длины с разъемом разматывают со штабеля, установленного внутри корпуса, и подключают к щитам.

Измерительные приборы позволяют контролировать величину тока и напряжения на каждой линии подключения щитов. При самопроизвольном отключении щита или выходе из строя его нагре-

Исходные данные для расчета тепловой
и электрической мощности

Наименование	Обозначение	Единица измерения	Характерное значение
Теплоемкость: бетона	C_b	кДж/(кг·К)	1,05
воздуха	C_v		1,01
Масса бетона	G		
Температура: прогреваемого бетона	t_6		5—90
изотермической выдержки его	$t_{из}$		60—90
наружная воздуха	t_n	°С	5—20
начальная бетона	$t_{об}$		
Разница температур: у нагревателей	Δt		20—25°
на внутренней стороне опалубки	t_o		
Время нагревания	τ	ч	3—10
Длина (высота) бетонной конструкции («старого» бетона)	l	м	—
Периметр	U	м	—
Площадь	F	м ²	—
Толщина слоя теплоизоляции	δ	м	—
Коэффициент теплопередачи: внутри «туннеля» на внутренней стороне	α	кВт/(м ² ·К)	11,6—23,2
наружных поверхностей на внутренней стороне	α_n		23,2—58
Коэффициент теплопроводности	λ	Вт/(м·К)	11,6—23,2
бетона	λ_b		1,3—1,8
железобетона	$\lambda_{ж.б}$		1,54—2,0
минеральной ваты	$\lambda_{м.в}$		0,06—0,02
асбестового картона	$\lambda_{а.к}$		0,17
Коэффициент: учитывающий неравномерность теплового потока	K_1	—	1,1
перевода тепловой мощности в электрическую	K		0,001
Коэффициент инфильтрации воздуха	$K_{инф}$	%	15—20 (40—60)

$$\text{утепленные} \quad Q_{2,3} = F \Delta t \frac{1}{\frac{1}{\alpha_v} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_n}}.$$

Теплопотери через опалубку при стационарном режиме определяют, кДж/ч, по формуле

$$Q_4 = F \frac{1}{\frac{1}{\alpha_v} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_n}} \Delta t = F \frac{1}{\frac{1}{\alpha_v} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\lambda_n}} (t_o - t_n).$$

вателей срабатывает световая сигнализация. Сигнальные фонари, подсоединенные к пульту управления, устанавливают по периметру нагреваемой захватки и обозначают зону прогрева.

Для визуального контроля температуры каждого щита на пульте (рис. 18-5) установлен переключатель датчика ПРТЭ, который позволяет подключать датчики нужного щита к прибору ПРТЭ и регулировать прогрев бетона по щиту с оптимальной температурой. При аварийном отключении автоматического отключателя щита срабатывает световая (мигающая) сигнализация.

На пульте установлены также переключатели, позволяющие вести визуальный контроль температуры каждого щита при включенном или отключенном прогреве и автоматическом регулировании режима прогрева.

При увеличении мощности одного из щитов или пробое изоляции нагревательных элементов поврежденный щит автоматически отключается и загорается световая мигающая сигнализация на линии повреждения. Мигающая лампа на той или иной линии подключения позволяет определить щит, вышедший из строя.

Автоматический режим прогрева бетона поддерживается электронным программным регулятором температуры ПРТЭ. Пределы регулирования температуры — от 20 до 100° С, пределы изменения температуры — от 0 до 100° С.

Прибор позволяет регулировать прогрев бетона по режимам, не превышающим 24 ч (подъем температуры, изотермическая выдержка, охлаждение); при более длительных режимах необходимо переключать прибор на новый цикл работы.

Заданный режим прогрева поддерживается с помощью вращающегося копира, который определяет максимальную температуру прогрева и время подъема температуры, выдержки и охлаждения. Прибор снабжен копирами на максимальную температуру прогрева 100° С и скорость подъема и охлаждения 20, 30 и 40 град/ч. При меньшей температуре снимают часть копира с постоянным радиусом (каждый миллиметр радиуса копира соответствует понижению температуры на 3,2° С). Для изменения скорости подъема температуры меняют часть копира с переменным радиусом.

§ 4. Расчет тепловой и электрической мощности и конструкций опалубки

Расход тепла на нагрев бетона в Вт определяют по формуле

$$Q_1 = c G \Delta t : \tau = c G (t_{из} - t_{об}) : \tau.$$

Обозначения и частные значения приведены в табл. 18-2 и 18-3.

Теплопотери через верхний и боковые торцы стен и перекрытий при стационарном режиме составляют:

$$Q_{2,3} = a F \Delta t = a F (t_{из} - t_n);$$

Исходные данные для расчета греющей опалубки

Наименование	Обозначение	Единица измерения	Характерные значения
Степень черноты (для стали)	ε		0,5—0,8
Излучательная способность черного тела $E_0 = \sigma_0 T^4$	E_0		
Константа излучения абсолютно черного тела	σ	Вт/(м ² × град ⁴)	5,67 · 10 ⁻⁸
Абсолютная температура	T	К	—
Расстояния между поверхностями излучения	R	м	—
Количество энергии излучения	Q	Вт	—
Коэффициент: приведенный	$C_{пр}$	Вт/(м ² × град ⁴)	3,05
$\frac{1}{C_1 + 1/C_2 + 1/C_0}$			
абсолютно черного тела	C_0	Вт/(м ² · град)	5,67
Коэффициент теплопроводности воздуха	$\lambda_{в}$	Вт/(м · К)	0,027
Толщина воздушной прослойки	$\delta_{в}$	м	—

Теплопотери через нижнюю часть стен в бетон нижележащего этажа при нестационарном режиме будут равны

$$Q_5 = \lambda_6 m F \Delta t_{th} (ml) = \lambda_6 m F th (ml) [t_6 - t_n] = \frac{\alpha u}{m} th (ml) [t_6 - t_n].$$

Температуру в бетоне нижележащего этажа (старый бетон) на длине l определяют из выражения

$$t_l = t_n + \frac{t_6 - t_n}{ch (ml)},$$

где коэффициент $m = \pm \sqrt{\alpha u / \lambda F}$;

гиперболический тангенс $\frac{sh (ml)}{ch (ml)}$;

гиперболический косинус ch , равный $\frac{1}{2}(e^{ml} + e^{-ml})$; $sh (ml)$ — гиперболический синус, равный $\frac{1}{2}(e^{ml} - e^{-ml})$.

Так как тепло в старый бетон передается не только в стену, но и в примыкающее к ней перекрытие нижележащего этажа (одно на торцевой стене и два на внутренних стенах), увеличение теплопотерь можно учесть соответствующим увеличением в формуле площади поперечного сечения F .

Суммарная тепловая мощность нагревателей для прогрева бетона стен составит:

в период подъема температуры

$$\Sigma Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 = \Sigma Q_{1-5};$$

в период изотермической выдержки

$$\Sigma Q = Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 = \Sigma Q_{2-5}.$$

Суммарная тепловая мощность нагревателей для прогрева бетона перекрытий будет равна:
в период подъема

$$\Sigma Q = \Sigma Q_{1-4};$$

в период изотермической выдержки

$$\Sigma Q = \Sigma Q_{2-4}.$$

Необходимую электрическую мощность нагревателей, кВт, находят по формуле

$$N = \frac{\Sigma Q K_1}{K}.$$

Расход тепла для некоторых характерных условий прогрева бетона указан в табл. 18-4.

Излучательную способность нагревателей опалубки определяют по формуле

$$E = \varepsilon \sigma_0 \left(\frac{T}{100} \right)^4.$$

Количество энергии излучения Q , передаваемой площадкой F_1 на площадку F_2 в зависимости от расстояния R и углов α_1 и α_2 между направлением луча и нормалью к поверхностям F_1 и F_2 , вычисляют по формуле

$$Q = (\varepsilon E_0 \cos \alpha_1 \cos \alpha_2 F_1 F_2) : \pi R^2.$$

Результирующее излучение двух тел

$$q = c_{пр} \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right].$$

Передача тепла теплопроводностью от нагревателя к опалубке через воздушную прослойку составит

$$\frac{\lambda_{в}}{\delta_{в}} (T_1 - T_2).$$

$$\frac{\lambda_B}{\delta_B} \Delta T / c_{пр} \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right].$$

Подсчитанное отношение тепловых потоков для характерных случаев приведено в табл. 18-5.

Таблица 18-4

Расход тепла для некоторых условий прогрева
при толщине прогреваемой конструкции 0,16(0,2) м

Условия прогрева			Расход тепла, Вт на 1 м ² поверхности опалубки				
начальная температура бетонной смеси, °С	температура наружного воздуха, °С	время нагрева, ч, и в знаменателе температура, °С	на нагрев бетона	потери тепла			
				через верхний торец (с утеплением)	через боковые торцы (с утеплением)	в "старый" бетон	через опалубку
5	0	$\frac{5}{60}$	986 (1218)	41 (50)	29	510 (580)	209
5	0	$\frac{5}{80}$	1334 (1682)	53 (67)	29 (35)	626 (777)	348
5	0	$\frac{5}{80}$	661 (835)	53 (67)	29 (35)	626 (777)	348
5	-20	$\frac{5}{60}$	986 (1218)	53 (67)	38	684 (777)	278
5	-20	$\frac{3}{80}$	2204 (2784)	67 (83)	35 (41)	858 (974)	418
5	-20	$\frac{5}{80}$	1334 (1682)	67 (83)	35 (52)	858 (974)	418
5	-20	$\frac{5}{90}$	1496 (1890)	73 (93)	37 (46)	940 (1067)	464
20	-20	$\frac{3}{80}$	1763 (2227)	67 (83)	35 (41)	858 (974)	418
20	-20	$\frac{5}{80}$	1067 (1334)	67 (83)	35 (41)	858 (974)	418
20	+20	$\frac{5}{60}$	714 (893)	27 (34)	19	348 (394)	139
20	+20	$\frac{3}{80}$	1763 (2227)	41 (50)	21 (23)	510 (580)	278
20	+20	$\frac{5}{80}$	1067 (1334)	41 (50)	21 (23)	510 (580)	278

Отношение тепловых потоков

T ₁ , °С	T ₂ , °С	Величина воздушной прослойки, мм		Отношение потока тепла, передаваемого теплопроводностью к теплоизлучению при соответствующей толщине воздушной прослойки, приведенной в п. 3 и 4	
		1	20	4	0,2
140	70	2	40	2	0,1
		3	60	1,46	0,073
		5	100	0,79	0,04
160	90	1	20	,4	0,17
		2	40	,7	0,08
		3	60	,1	0,05
		5	100	,68	0,03
180	100	1	20	3,0	0,15
		2	40	1,5	0,04
		3	60	1,0	0,05
		5	100	0,6	0,03
140	20	1	20	4,85	0,24
		2	40	2,42	0,12
		3	60	1,6	0,08
		5	100	0,97	0,05
160	40	1	20	4,3	0,2
		2	40	2,1	0,1
		3	60	1,43	0,07
		5	100	0,86	0,04
170	60	1	20	3,6	0,18
		2	40	1,8	0,09
		3	60	1,2	0,06
		5	100	0,72	0,04
100	80	1	20	4,6	0,2
		2	40	2,3	0,1
		3	60	1,53	0,08
		5	100	0,92	0,05
130	110	1	20	3,5	0,17
		2	40	1,7	0,08
		3	60	1,2	0,06
		5	100	0,7	0,035

$T_1, ^\circ\text{C}$	$T_2, ^\circ\text{C}$	Величина воздушной прослойки, мм		Отношение потока тепла, передаваемого теплопроводностью к теплоизлучению при соответствующей толщине воздушной прослойки, приведенной в п. 3 и 4	
100	100	1	20	4,4	0,2
		2	40	2,2	0,4
		3	60	1,6	0,08
		5	100	0,87	0,04
80	80	1	20	5,0	0,25
		2	40	2,5	0,12
		3	60	1,65	0,08
		5	100	1,0	0,05
120	100	1	20	3,9	0,2
		2	40	2,0	0,1
		3	60	1,3	0,065
		5	100	0,78	0,04
100	50	1	20	5,2	0,26
		2	40	2,6	0,13
		3	60	1,7	0,087
		5	100	1,04	0,05
180	20	1	20	4,0	0,2
		2	40	2,0	0,1
		3	60	1,3	0,07
		5	100	0,8	0,04
200	100	1	20	2,85	0,14
		2	40	1,42	0,07
		3	60	0,95	0,047
		5	100	0,57	0,03
300	100	1	20	2,0	0,1
		2	40	1,0	0,05
		3	60	0,67	0,03
		5	100	0,7	0,02

§ 5. Прогрев бетона

Схемы установки оборудования для прогрева бетона и подключения опалубки показаны на рис. 18-6. После установки и подключения пульта управления разматывают соединительные кабели, расположенные в корпусе пульта; штепсельные разъемы подключают по всем щитам опалубки, электрическим матам и датчикам температуры. Затем устанавливают и подключают к пульту сигнальные фонари. При включении рубильника напряжение подает-

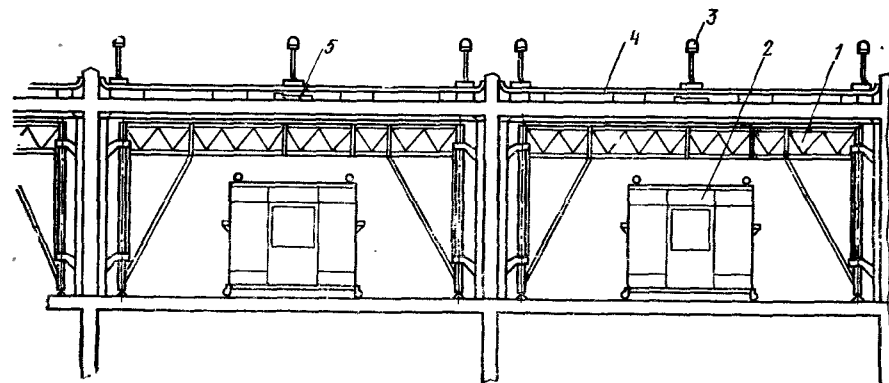


Рис. 18-6. Подключение щитов объемно-переставной опалубки при прогреве бетона:

1 — секция опалубки; 2 — пульт управления; 3 — сигнальные фонари; 4 — электрические маты; 5 — датчик температуры

ся одновременно на силовые и сигнальные цепи пульта. Наличие напряжения во всех трех фазах контролируется по сигнальным лампам, напряжение сети — по вольтметру, установленному на приборной шкале пульта. Предусмотрены сигнальные указатели заземления. Пускают установку нажатием кнопки управления, установленной на пульте. С помощью переключателей к программному электронному регулятору температуры подключают ее датчики, установленные в щитах и под электрическими матами. Температуру в каждом щите проверяют переключением датчиков, режим прогрева бетона автоматически регулируется по наиболее характерной точке опалубки.

При перегреве отдельных щитов подача энергии автоматически отключается, при этом по показанию сигнальных ламп оператор определяет номера щитов, отключенных в данное время. В случае необходимости можно проверить температурный режим прогрева этих щитов и скорректировать режим их работы. При увеличении мощности или пробое изоляции отдельных щитов питание их автоматически отключается и включаются мигающие аварийные сигналы.

Режимы прогрева бетона (до 70% прочности от марочной)
для некоторых условий возведения монолитных зданий

Режим прогрева, ч	Условия прогрева			Средняя электрическая мощность, кВт/м²		Средний электроскоп энергии, кВт·ч/м³
	начальная температура бетонной смеси, °С	температура наружного воздуха, °С	температура прогрева, °С	на нагрев	на изотермическую выдержку	
3+5, 15+5	5	—20	80	1,9 (2,3)	0,55 (0,6)	108 (100)
5+5+5	5	—20	80	1,35 (1,55)	0,55 (0,6)	116 (109)
5+3+5	5	—20	90	1,5 (1,8)	0,62 (0,68)	118 (112)
5+12+5	5	—20	60	1,1 (1,3)	0,43 (0,46)	133 (121)
5+5+6	5	±0	80	1,2	0,42 (0,5)	105 (106)
10+4, 5+6	5	±0	80	0,8 (1,0)	0,42 (0,5)	128 (120)
2+4, 5+6	20	+20	80	1,9 (2,3)	0,35 (0,36)	67 (76)
3+4, 5+6	20	+20	80	1,4 (1,6)	0,35 (0,36)	71 (67)
5+4, 10+6	20	+20	80	1,0 (1,2)	0,35 (0,36)	75 (80)
10+3, 15+6	20	+20	80	0,7 (0,8)	0,35 (0,36)	103 (95)
5+12+6	20	+20	60	0,64 (0,77)	0,21 (0,23)	70 (78)
1+5, 20+5	20	—20	80	3,7 (4,5)	0,52 (0,57)	80 (76)
3+5+5	20	—20	80	1,6 (1,9)	0,52 (0,57)	96 (90)
5+5+5	20	—20	80	1,1 (1,4)	0,55 (0,6)	108 (100)
5+12+5	20	—20	60	0,85 (1,0)	0,43 (0,46)	118 (106)

Примечание. В таблице указаны средние данные для конструкций толщиной 0,16 м; данные, приведенные в скобках, относятся к конструкциям толщиной 0,2 м.

По окончании прогрева бетона по заданному режиму загорают специальные сигнальные лампы и установка отключается. Нужно отключить также вводный рубильник.

При прогреве бетона в переставных опалубках при достаточной их жесткости и оптимальной конструкции греющей полости, исключаяющей перепады температур, возможны любые режимы прогрева, в том числе жесткие.

Для снижения теплопотерь и создания равномерного температурного поля необходимо утеплить все торцы и открытые поверхности, а также опалубку «маяков». Для интенсификации процесса нагрева, снижения температурных перепадов, напряжений и деформаций бетона целесообразно применять способ двустороннего прогрева стен и перекрытий. Укладывать бетонную смесь целесообразно в предварительно подогретую опалубку. Предварительное нагревание опалубки позволяет сократить сроки прогрева, снизить деформации бетона и формы, отогреть арматуру, снять наледи и повысить температуру основания (старого бетона). Такое нагревание ведут при отключенных программных регуляторах температуры.

Перед началом укладки бетонной смеси в нагретую форму нужно проверить температуру всех щитов опалубки. Для исключения возможного перегрева отдельных слоев бетона температуру необходимо выравнивать, для чего опалубку или часть щитов отключают.

В процессе бетонирования опалубка должна быть отключена. При поступлении бетонной смеси с неодинаковой температурой или неравномерными теплопотерями при укладке прогрев вначале ведут при ручном регулировании. Контроль температуры по всем щитам нужно вести особенно тщательно. Только после выравнивания температур включают автоматический режим прогрева.

Для интенсификации прогрева, снижения установочной мощности и расхода электроэнергии рекомендуется применять предварительно разогретую бетонную смесь. При укладке разогретой смеси в стены ее температура не должна превышать 50—60° С. При большей температуре влага интенсивно испаряется и подвижность смеси значительно уменьшается, что затрудняет укладку смеси, особенно в тонкостенные армированные конструкции стен. Для бетонирования перекрытий следует применять более горячие смеси. При укладке горячих смесей нужно особенно тщательно вести температурный контроль, чтобы не допустить неравномерных температурных перепадов. Укладывают смесь в перекрытие полосами и немедленно укрывают их теплоизоляционными материалами. При укладке горячих смесей перед включением прогрева бетон выдерживают для распределения температур и снятия температурных напряжений. Прогрев бетона нужно начинать осторожно, подключая вручную части щитов и постоянно контролируя температуру всех поверхностей.

Выбор режима прогрева определяется экономической целесообразностью и необходимой скоростью бетонирования монолитных конструкций. Некоторые характерные режимы прогрева бетона приведены в табл. 18-6.

Несмотря на целый ряд преимуществ применения термоактивной опалубки с электрическими нагревателями, при этом способе необходимо иметь на площадке значительные электрические мощности. Ввиду этого большое значение имеет выбор режимов прогрева бетона, а также оптимальной величины захватки, что нужно учитывать при назначении в проектах сроков строительства и темпа оборачиваемости опалубки. По соображениям экономии электроэнергии и с целью сокращения общего цикла термообработки и увеличения оборачиваемости опалубки наиболее выгодны режимы прогрева бетона с быстрым подъемом температуры. Однако для таких режимов требуется большая установочная мощность.

Оптимальным режимом, удовлетворяющим необходимым темпам строительства при относительно невысокой установочной мощности, является прогрев бетона при 80° С с временем подъема температуры 5 ч. Общее время прогрева для достижения 70—80% прочности бетона составляет 13—15 ч в зависимости от условий прогрева и начальной температуры бетонной смеси.

Прогрев бетона при 60° С позволяет значительно снизить установочную электрическую мощность (примерно в 1,5 раза); однако длительность прогрева увеличивается более чем в 1,5 раза, достигая 20—23 ч. При прогреве бетона при 90° С значительно увеличиваются расход электроэнергии и установочная мощность при незначительном сокращении общего времени прогрева.

В случае нагрева бетона до 80°C более 5 ч увеличиваются расход электроэнергии, продолжительность прогрева, но можно снизить установочную мощность.

При отсутствии необходимых электрических мощностей время нагревания бетона до 80°C можно увеличить до 10 ч с увеличением расхода электроэнергии. Целесообразно применять также теплые и горячие смеси, предварительно нагревать опалубку, использовать быстротвердеющие цементы, добавки и другие способы ускорения твердения бетона.

Понизить расход электроэнергии при недостаточных мощностях можно применением температур прогрева порядка 60°C .

Бетонирование монолитных конструкций и последующий прогрев бетона следует планировать в смены, когда не работают основные механизмы — потребители электрической мощности (краны, бетономешалки и др.). Для термообработки бетона в ночную смену на площадке дежурят оператор прогрева, электрик, слесарь и работники лаборатории.

В летнее время можно не прогревать стены, но прогрев перекрытий целесообразен и в этом случае для ускорения строительства и повышения оборачиваемости опалубки. При прогреве только бетона перекрытий необходимо учитывать дополнительные потери тепла в бетон стен и связанную с ними неравномерность температурного поля. В этом случае следует назначать более мягкие режимы прогрева с медленным подъемом температуры и невысокими температурами прогрева. Особенно тщательно нужно вести контроль температуры, в том числе в теле бетона.

Для ускорения твердения бетона перекрытий целесообразно применять безобогревные методы ускорения твердения: вводить добавки, использовать цементы БТЦ и ОБТЦ. При бетонировании стен и перекрытий в одном цикле одновременность твердения контактирующего бетона может вызвать сверхдопустимые напряжения и трещины в местах контакта.

§ 6. Прогрев бетона горячим воздухом

Прогреть бетон с помощью создания высокой температуры внутри замкнутой ячейки горячим воздухом можно при бетонировании как в крупнощитовой, так и объемно-переставной опалубке. Особенно целесообразен такой метод при возведении зданий в объемно-переставной опалубке. На подготовку к прогреву бетона горячим воздухом требуются меньшие первоначальные затраты. Однако при таком методе теряется много тепла, трудно автоматизировать процесс и ухудшаются условия работы. Этот метод целесообразен при низких положительных и небольших отрицательных температурах наружного воздуха.

При прогреве бетона горячим воздухом все открытые торцы ячейки нужно тщательно закрыть теплоизоляционными завесами. Для уменьшения фильтрации воздуха и, следовательно, сокращения теплотерии нецелесообразно создавать повышенное избыточное

давление воздуха в ячейке. Вследствие этого один воздухонагреватель применяют для прогрева нескольких туннелей или ячеек опалубки с переменным переключением подачи воздуха. Для прогрева верхней зоны бетона перекрытий на забетонированное перекрытие устанавливают тепляки с пуском под них воздуха. Чтобы предотвратить пересушивание бетона, его нужно закрыть водонепроницаемой пленкой (например, полиамидной).

Расход тепла на нагрев бетона горячим воздухом, кДж/ч , составляет

$$Q_1 = c_1 G \Delta t \tau = c G (t_{\text{нз}} - t_{\text{об}}) : \tau.$$

Теплопотери через торцы стен и перекрытий равны:

$$Q_2 = a F \Delta t \text{ через неутепленные торцы};$$

$$Q_2 = F \Delta t \frac{1}{\frac{1}{\alpha} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha}} \text{ через утепленные.}$$

Теплопотери через нижнюю часть стен

$$Q_3 = \lambda_6 m F \Delta t \text{th}(ml) = \frac{au}{m} \text{th}(ml) [t_6 - t_n].$$

Теплопотери через навесные завесы и тепляк на перекрытии

$$Q_4 = F \Delta t \frac{1}{\frac{1}{\alpha} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha}} = F_1 \frac{1}{\frac{1}{\alpha} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha}} (t_{\text{возд}} - t_n).$$

Расход тепла на нагрев воздуха в объеме ячейки

$$Q_5 = c_v \gamma_v V_v (t_{\text{возд}} - t_n) : \tau.$$

Расход тепла на нагревание инфильтрующего воздуха

$$Q_6 = c_v \gamma_v V_v \Delta t K_{\text{инф}}.$$

Суммарная тепловая мощность в период нагревания бетона

$$\Sigma Q = (Q_1 + Q_2 + \dots + Q_6) n,$$

где n — коэффициент использования мощности нагревателя, неравномерности нагрева, учитывающий также фильтрацию; $n \approx 1,7 \div 1,8$.

§ 7. Прогрев бетона в скользящей опалубке

Необходимость бетонирования монолитных конструкций в скользящей опалубке в зимних условиях нужно обосновывать экономическим расчетом. Бетонирование конструкций целесообразно заканчивать в летнее время года при положительных температурах, с тем чтобы к моменту наступления холодов бетон приобрел прочность, предусмотренную проектом.

Для обогрева бетона над рабочим полом опалубки и на наружных подмостях устраивают тепляки и нагревают воздух внутри тепляка. Кроме того, нагревают щиты опалубки и освобождаемый из-под нее бетон. Для обогрева бетона применяют паровые и электрические нагреватели, в частности инфракрасные излучатели.

Используют также комбинированные методы термообработки: подогревают бетонную смесь, прогревают в термоактивной опалубке и дополнительно подогревают выходящий из-под щитов бетон инфракрасными или другими нагревателями, которые подвешивают к щитам опалубки или устанавливают на наружных подмостях. При этом принимают меры, исключающие пересушивание бетона, особенно при воздействии лучистой энергии непосредственно на бетон. Чтобы исключить пересушивание бетона, его нужно закрывать защитными материалами или создавать герметично закрытые греющие полости. Воздух в тепляках, кроме того, следует увлажнять, пропуская его через увлажнительные камеры.

Для предотвращения раннего замораживания бетона и создания благоприятных режимов его охлаждения по периметру опалубки ниже наружных подмостей дополнительно навешивают теплоизоляционные и ветрозащитные фартуки.

При небольших морозах (до -10°C) допускается бетонировать конструкции без устройства тепляка над рабочим полом. Тепляком и системой прогрева оборудуют только подмости, а по периметру рабочего пола устанавливают защитные ограждения от ветра.

Во время бетонирования нужно контролировать температуру внутри тепляков, укладываемой бетонной смеси и бетона, выходящего из зоны прогрева. Температура укладываемой бетонной смеси должна быть не ниже 10°C , температура воздуха в тепляке — не ниже 15°C .

Прочность бетона, выходящего из-под опалубки, должна быть не ниже $3\text{--}4\text{ кгс/см}^2$, из зоны прогрева — не ниже 50% проектной (в сооружениях, подвергаемых частичной нагрузке — не ниже 70%), но не менее 80 кгс/см^2 , если проектом не предусмотрена более высокая прочность.

Температура бетона, выходящего из зоны прогрева, не должна превышать 20°C , а скорость остывания — не более 15 град/ч.

Особое внимание следует обращать на равномерность температуры как внутри тепляка, так и в теле бетона. Для достижения равномерного температурного поля прогрев рекомендуется вести с двух сторон. Только при достаточном утеплении с другой стороны, создании надлежащих условий прогрева и толщине стенки не более 0,2 м можно применять односторонний прогрев. Открытые торцовые поверхности прогреваемых конструкций нужно надежно утеплить и защитить от потерь влаги.

Приготавливают бетонную смесь для укладки ее в скользящую опалубку в утепленных бетоносмесительных установках. При транспортировании и подаче смеси нужно обеспечить условия сохранения температуры и подвижности смеси, исключающие резкое охлаждение смеси и интенсивное испарение воды.

При подборе состава бетонной смеси прочность бетона можно назначить на одну марку выше проектной. Режимы термообработки бетона выбирают с учетом состава бетона, необходимой его прочности и скорости подъема опалубки. Расчетную скорость движения опалубки и режимы прогрева уточняют по результатам лабораторных испытаний.

Температуру воздуха в тепляке принимают равной $10\text{--}20^{\circ}\text{C}$. Скорость подъема температуры при прогреве нагревателями не должна превышать 8—10 град/ч, температура прогрева $60\text{--}70^{\circ}\text{C}$, а для особо ответственных сооружений с повышенными требованиями к плотности — не выше $40\text{--}50^{\circ}\text{C}$. Прогреть бетон при температурах выше 60°C допускается в отдельных случаях, при тщательном лабораторном и пооперационном контроле распределения температур нагрева и остывания бетона как на поверхности, так и в теле конструкции.

Режимы прогрева бетона в зависимости от скорости подъема опалубки приведены в табл. 18—7.

Таблица 18-7

Режимы прогрева бетона

Скорость подъема опалубки, м/сут	Система прогрева	Место установки нагревателей	Режим прогрева			
			температура воздуха в тепляке, $^{\circ}\text{C}$, на подвесных подмостях	дополнительный нагрев нагревателями		
				высота зоны термообработки нагревателями, м	Температура поверхности бетона, $^{\circ}\text{C}$	
					односторонний прогрев	двусторонний прогрев
До 1,2	Газовоздушная	Фундамент, перекрытие, опалубка	18—20	—	—	—
1,2—1,5	Паровая	Наружные подвесные подмости	18—20	—	—	—
1,2—1,5	Электрическая с радиационно-конвективными установками	Наружные и внутренние подвесные подмости	10—12	0,5—0,8	30—40	20—30
1,6—2,0	Электрическая с радиационно-конвективными установками	То же	10—15 20—25	0,8—1,2 0,5	40—60 До 60	30—40 До 60

Устройство тепляков. Тепляки должны быть воздухопроницаемыми и теплоизолированными. Большей частью тепляки ограждают слоями фанеры, брезентом или пластиком с замкнутой воздушной прослойкой или слоями утеплителя.

Обшивка наружных подмостей и каркаса над рабочим полом выполняется с приставных лестниц или подмостей. Для создания гибкости каркас над рабочим полом выполняется на шарнирных соединениях, стойки каркаса закрепляются на рабочем полу. Теплоизоляционный навес, установленный на каркасе рабочего пола, заходит с перепуском на ограждения наружных подмостей и закрепляется к ним. По настилу рабочего пола наружных и внутренних подмостей также укладывают слой толя и фанеры. Зазоры между подмостями и стеной уплотняют гибкими теплоизоляционными материалами. При наличии положительной температуры внутри сооружения внутренние подмости не утепляют.

Все проемы в наружных стенах закрывают теплоизоляционными и воздухонепроницаемыми материалами, тамбур утепляют.

Для подачи бетонной смеси, арматуры и других материалов в тепляке устраивают закрывающиеся люки.

Нагревательные системы. Системы прогрева бетона выбирают в зависимости от скорости подъема опалубки. Предпочтительнее применять электрические нагреватели из-за малых затрат на их монтаж и простоты регулирования прогрева.

Для нагревания воздуха в газоздушных системах применяют паровые, электрические, газовые и огневые калориферы с подачей теплого воздуха вентиляторами. Электрические калориферы и вентиляторы устанавливают над рабочим полом или под козырьком вследствие их компактности и хороших условий работы; остальные размещают вначале на фундаментной плите сооружения, а затем поочередно переставляют на забетонированное перекрытие.

Утепленные воздуховоды закрепляют на перекрытия или устанавливают на специальные козлы. Для увлажнения воздуха его пропускают через увлажнители или смешивают с паром, подаваемым в воздуховоды.

В паровых нагревательных системах (рис. 18-7) в качестве нагревателей используют паровые рубашки и регистры. Паровую рубашку, представляющую собой полый короб, оборудуют подводящим патрубком для подачи пара и отводящим для отвода конденсата. Регистры выполняют из горизонтальных и вертикальных труб с подводящими и отводящими патрубками. Рубашки и регистры устанавливают на подвесных подмостях и подсоединяют к сети с помощью гибких рукавов. Установку для перекачки конденсата подвешивают под подмостями. Конденсатопровод устанавливают на подвесных подмостях с уклоном.

Неподвижный стояк наращивают по мере подъема опалубки, соединяют его звенья с помощью гибких рукавов. Серьезный недостаток паровых систем — их громоздкость.

Нагреватели в инфракрасных излучающих установках устанавливают в фокусе экрана. В радиационно-конвективной установке для конвекции воздуха в нижней части короба имеется воздухозаборная щель. Нагревательные установки закрепляют на подвесных подмостях, кабельную разводку размещают под рабочим

полом, переходы кабеля через бетонируемые стены сделаны по домкратным рамам. Распределительный и пульт управления устанавливают на рабочем полу.

Бетонирование стен в скользящей опалубке. Перед началом бетонирования опалубку, арматуру и закладные детали очищают от наледей и снега и прогревают. Греющую опалубку включают перед бетонированием. Прогревают бетонную смесь одновременно с ее укладкой. Бетонирование нужно вести непрерывно, с тем чтобы новые слои укладывались на неостывшие, уложенные ранее. Температура этих слоев должна быть не ниже 5°С.

В начале бетонирования нагревательные установки монтируют на щитах опалубки и при подъеме на 1,5—2,0 м их перевешивают ниже. Опалубку укрывают брезентом или другим теплоизоляционным материалом, который закрепляют на тепляке рабочего пола и основании сооружения.

При вынужденных остановках опалубки нагревательные системы отключают только при наборе бетоном проектной прочности. Опалубку при перерывах в бетонировании заполняют до верха бетонной смесью и продолжают подъем с меньшей скоростью до появления между щитами и бетоном видимого зазора. Отметка рабочего пола при остановках не должна превышать уровень уложенного бетона более чем на 20 см, чтобы избежать перекосов опалубки, возникающих под действием ветровых и других горизонтальных нагрузок.

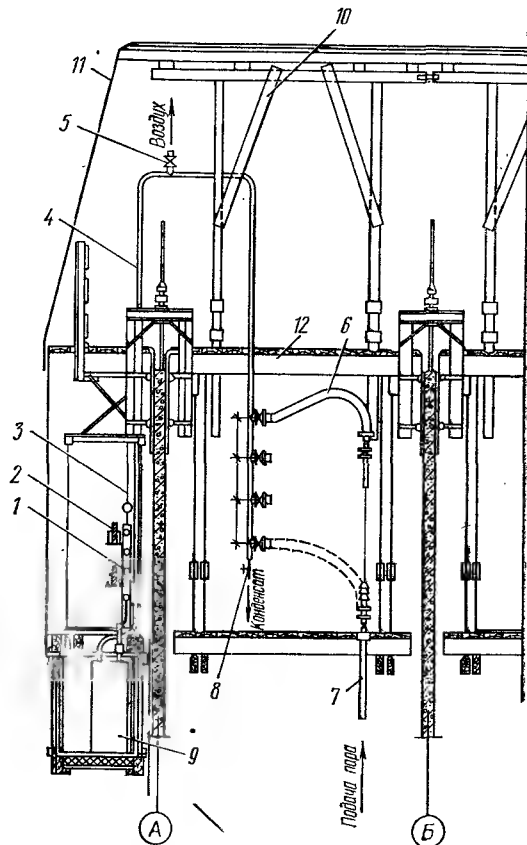


Рис. 18-7. Установка нагревательных приборов (паровых рубашек или регистров на наружных подвесных подмостях):

1 — паровой регистр; 2 — ограждение; 3 — подвеска труб; 4 — подвижная часть стояка; 5 — вентиль для удаления воздуха; 6 — паропроводный рукав; 7 — неподвижная часть главного стояка; 8 — вентиль для спуска конденсата; 9 — установка для перекачки конденсата; 10 — рама тепляка; 11 — ограждение его; 12 — теплоизоляция рабочего пола

Контроль качества прогрева бетона. На всех стадиях бетонных работ нужно систематически контролировать температуру и качество составляющих бетонной смеси, ее приготовление, подачу, укладку, нагрев и остывание бетона.

Температуру воды и заполнителей при загрузке в бетономешалку необходимо контролировать каждые 2 ч. Температуру бетонной смеси проверяют при выходе из бетономешалки и на месте укладки не реже чем через 2 ч.

Температуру бетона измеряют при выходе его из опалубки с помощью технических термометров с хвостовой частью длиной 10—15 см. Для замера температур в бетоне делают скважины (которые заливают маслом) по высоте прогреваемой части сооружения через 1 м и в плане через 1,5—2,0 м. В характерных местах конструкций устраивают дополнительные скважины; все их наносят на план сооружения и маркируют. В период подъема температуры контроль за ней ведут каждый час, при изотермической выдержке и охлаждении — через 2 ч. Контролировать и регулировать температуру рекомендуется с помощью автоматических приборов. Температуру в тепляке нужно измерять через каждые 2 ч. Замеряют ее на уровне щитов, рабочего пола и низа опалубки, под фартуками, а также в месте выхода опалубки из зоны прогрева.

Особенно тщательно необходимо вести контроль горизонтальности рабочего пола. При перегрузке части домкратов и систематическом нарушении горизонтальности нужно проверить и уточнить режим прогрева и определить возможные причины неравномерности температур и неравномерных деформаций опалубки и прогреваемого бетона сооружения.

Прочность бетона, выходящего из зоны прогрева, должна быть не ниже 80 кгс/см², а его температура — не выше 20° С. Режим остывания бетона принимают со скоростью не более 15 град/ч. Особое внимание нужно обращать на равномерность температуры как внутри тепляка, так и в теле бетона.

Для контроля прочности бетона изготавливают серии кубиков. Одну серию испытывают в возрасте 28 дней после лабораторного хранения в условиях нормальной влажности и температуры, другую — после хранения в условиях выдерживания и прогрева бетона. В случае прогрева бетона только в тепляке без дополнительного обогрева его в опалубке (или подвесными нагревателями) контрольную серию кубиков хранят в тепляке на наружных подмостях на расстоянии 0,5 м от пола.

Возраст кубиков и условия выдерживания должны соответствовать возрасту и условиям прогрева бетона, выходящего из зоны термообработки. Кроме того, одну серию кубиков, выдержанных в условиях, аналогичных условиям твердения бетона монолитных конструкций, хранят при отрицательных температурах и испытывают в месячном возрасте. Целесообразно применять также неразрушающие методы контроля прочности бетона.

Режимы термообработки бетона и скорость подъема опалубки нужно корректировать по результатам замеров лабораторных испытаний. Если при выходе из зоны прогрева бетон не имеет проектной прочности, подъем опалубки прекращают и вносят коррективы в режимы прогрева или скорость подъема.

Все результаты температурных замеров и прочностных испытаний систематически заносят в журнал бетонирования.

РАЗДЕЛ ПЯТЫЙ

ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ.

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА И ПРИЕМКА РАБОТ

ГЛАВА 19

ОРГАНИЗАЦИЯ КОМПЛЕКСНОГО ПРОЦЕССА ВОЗВЕДЕНИЯ МОНОЛИТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Общие сведения. Комплексный технологический процесс возведения монолитных железобетонных конструкций и сооружений состоит из установки опалубки, монтажа арматуры, бетонирования и распалубки. При этом необходимо учитывать время, потребное для твердения уложенного бетона.

Состав простых технологических процессов, их трудоемкость и очередность выполнения зависят от вида и характеристик монолитных конструкций, применяемых механизмов и опалубки, технологических и местных особенностей производства работ.

Технологию и организацию работ для каждого конкретного случая проектируют в нескольких вариантах. После сравнения принимают вариант с оптимальными технико-экономическими показателями.

§ 1. Выбор опалубки

Для бетонирования монолитных конструкций можно принять несколько вариантов опалубки. Например, столбчатые фундаменты под колонны промышленных зданий бетонируют в инвентарной опалубке, а также в блок-формах; фундаменты-массивы под оборудование — в крупнощитовой или опалубке-облицовке. Конструкции многоэтажных монолитных жилых домов можно бетонировать в крупнощитовой, объемно-переставной или скользящей опалубке. Важно выбрать такой вариант опалубки, который позволял бы механизировать процесс ее установки и снятия, обеспечивал наименьшую трудоемкость и стоимость работ и высокое качество бетонирования.

Варианты опалубочных работ сравнивают по двум показателям: трудоемкости и стоимости в расчете на 100 м² опалубливаемой поверхности.

Трудоемкость опалубочных работ T_o — это сумма трудовых затрат на монтаж и демонтаж опалубки, очистку и смазку щитов,

а также части затрат на изготовление и ремонт опалубки, приходящейся на один оборот:

$$T_o = T_s + \frac{T_n \left[1 + \frac{\gamma}{100} (n_1 - 1) \right]}{n_1}, \quad (19-1)$$

где T_n — трудоемкость изготовления опалубки, чел-смен; γ — трудовые затраты на ремонт опалубки, % от T_n ; n_1 — нормативная оборачиваемость, цикл; T_s — трудоемкость эксплуатации опалубки (монтаж, демонтаж, очистка, смазка), чел-смен.

При этом

$$T_s = T'_m + T''_m + T'_d + T''_d + T_o + T_{см}. \quad (19-2)$$

где T'_m — трудовые затраты рабочих-опалубщиков на монтаже опалубки, чел-смен; T''_m — то же, машиниста крана, занятого на монтаже опалубки; T'_d — затраты рабочих-опалубщиков на распалубке; T''_d — то же, машиниста крана, занятого на распалубке; T_o — трудоемкость очистки щитов, чел-смен; $T_{см}$ — трудоемкость смазки.

Трудовые затраты T'_m , T'_d и T_o определяют по ЕНиРу 4-1, значения T''_m , T''_d принимают равными 25—30% соответственно от T'_m и T'_d . Затраты на смазку щитов принимают равной 0,3—0,5 чел-смен при нанесении смазки кистями; 0,05—0,10 чел-смен — при использовании пистолетов-распылителей.

Стоимость опалубочных работ определяют в рублях:

$$C_o = C_s + \frac{C_n \left[1 + \frac{\alpha}{100} (n_1 - 1) \right]}{n_1}, \quad (19-3)$$

где C_n — стоимость изготовления опалубки с учетом стоимости материалов, руб., можно определить по табл. 19-1, n_1 — нормативная обозначиваемость; α — стоимость ремонта опалубки, % от стоимости ее изготовления; C_s — эксплуатационная стоимость опалубки, руб.

Таблица 19-1

Технико-экономические показатели некоторых опалубок на 100 м² опалубливаемой поверхности

Опалубка	Трудоемкость T_n , чел-смен	Стоимость C_n , руб.	Нормативная оборачиваемость n_1 , цикл
Деревянные щитовые системы			
Промстройпроект (щиты на шпильных планках)	21,6	473	5
Стальная «Монолит-72»	75,5	1250	80
Комбинированная деревометаллическая УКО-67	18,2	890	30
Стеклопластиковая	18,2	350	35
Стальные блок-формы	60,1	1175	80

В свою очередь,

$$C_3 = C_3 + C_{\text{маш}} + C_{\text{м}} + C_{\text{с}}, \quad (19-4)$$

где C_3 — сумма заработной платы рабочих, занятых на монтаже, демонтаже и смазке опалубки, руб., определяемая по ЕНиРу; $C_{\text{маш}}$ — стоимость машинного времени кранов, занятых на монтаже и демонтаже, руб., определяемая по ценнику № 2 машино-смен строительных машин и оборудования; $C_{\text{м}}$ — стоимость неинвентарных креплений (тяжей, скруток, оставшихся в бетоне), руб.; $C_{\text{с}}$ — стоимость смазочных материалов, руб.

Стоимость 1 кг смазочных материалов составляет от 0,05 до 0,15 руб. при расходе 1,5—2,0 кг на 100 м² стальной опалубки и 2,5—3,0 кг на 100 м² деревянной.

При сравнении вариантов опалубки оптимальным считают тот вариант, который имеет наименьшую трудоемкость и стоимость.

§ 2. Выбор комплекта машин

В комплексном технологическом процессе возведения монолитных конструкций и сооружений ведущим простым процессом является бетонирование. Этот процесс состоит из связанных работ и операций по транспортированию, подаче, распределению и уплотнению бетонной смеси. Ведущий процесс — бетонирование — влияет на проведение опалубочных и арматурных работ, которые находятся в тесной технологической зависимости от него.

Комплект машин для ведущего технологического процесса (бетонирования) подбирают, исходя из заданного темпа укладки бетона с учетом габаритов, конструктивных особенностей возводимых конструкций, а также технологических особенностей бетонной смеси.

Темп укладки бетона v , м³/смен, равен

$$v = K \frac{V}{P_d}, \quad (19-5)$$

где V — потребный объем бетона для объекта, м³; P_d — директивная продолжительность возведения монолитных конструкций, смен; K — коэффициент неравномерности укладки бетона. Для гражданского и промышленного строительства $K = 1,3 \div 1,5$.

В соответствии с темпом укладки бетона принимают темп выполнения опалубочных и арматурных работ, подбирая необходимые машины.

Состав комплекта машин для бетонных, арматурных и опалубочных работ принимают с учетом вида, конфигурации и габаритов монолитных конструкций, их расположения, темпа укладки бетона, наличия на стройке тех или иных механизмов и других местных условий. На рис. 19-1 показаны схемы комплексной механизации железобетонных работ.

Для возведения одних и тех же монолитных конструкций или сооружений можно применить несколько разных комплектов ма-

шин. Например, при возведении фундаментов под колонны промышленных зданий на опалубочных, арматурных и бетонных работах обычно применяют самоходные краны (I вариант). Можно использовать на монтаже опалубки и арматуры автокран, а для бетонирования — бетононасос (II вариант) и т. п.

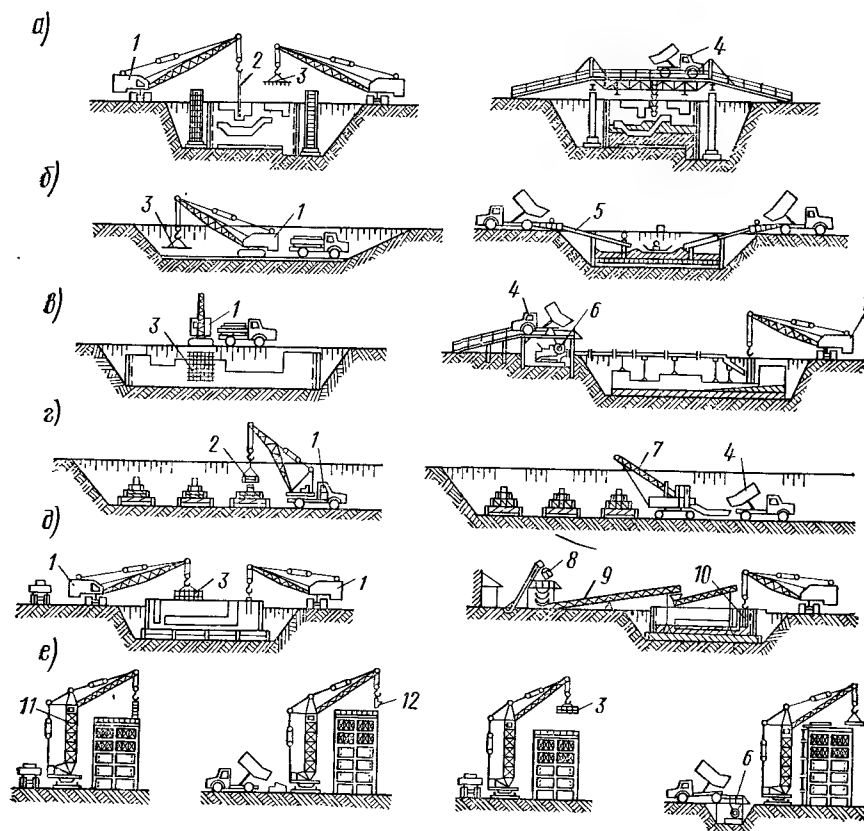


Рис. 19-1. Схемы комплексной механизации железобетонных работ:

а, б, в, д — устройство фундаментов под оборудование; г — устройство ступенчатых фундаментов; е — возведение многоэтажного здания; 1 — стреловой кран; 2 — опалубочный блок (панель); 3 — армокаркас (сетка); 4 — автобетоновоз; 5 — виброжелоб; 6 — бетононасос; 7 — бетоноукладчик; 8 — бетоносмеситель; 9 — транспортер; 10 — вибратор; 11 — башенный кран; 12 — бадейка

Оптимальный вариант комплекта машин выбирают путем сравнения вариантов по трем показателям: продолжительности работы, трудоемкости и стоимости работ в расчете на 1 м³ уложенного бетона.

Продолжительность работ определяют с учетом времени бетонирования, т. е. производительности комплекта бетоноукладочных машин (табл. 19-2).

Таблица 19-2

Сменная производительность некоторых бетоноукладочных машин и механизмов

Машины и механизмы	Производительность P_c , м³/смен
Вибропитатели с виброжелобами	30,0
Башенные краны грузоподъемностью 5 т	55,0
Стреловые краны грузоподъемностью 15 т	75,0
Бетоноукладчики	100,0
Транспортеры	50,0—70,0
Бетононасосы производительностью 20 м³/ч	70,0—120,0
Бетононасосы производительностью 40 м³/ч	160,0—250,0

Фактическую продолжительность работ, смен, определяют по формуле

$$P_{\phi} = \frac{V}{P_c}, \quad (19-6)$$

где P_c — сменная производительность комплекта бетоноукладочных машин, м³/смен.

При четкой организации работ $P_{\phi} \leq P_c$.

Трудоемкость работ по возведению монолитных конструкций, чел-смен/м³, равна

$$T = \frac{\Sigma T_m + \Sigma T_p}{V}, \quad (19-7)$$

где ΣT_m — суммарная трудоемкость механизированных операций на весь объем опалубочных, арматурных и бетонных работ, чел-смен; ΣT_p — то же, ручных операций, чел-смен.

Стоимость работ по возведению монолитных конструкций, руб., составляет

$$C = \frac{K_1 \Sigma C_{m,cm}^i P^i + K_2 \Sigma Z}{V}, \quad (19-8)$$

где $C_{m,cm}^i$ — стоимость машино-смены i -й машины, входящей в комплект (по ценнику № 2); P^i — продолжительность работы i -й машины, смен; ΣZ — сумма заработной платы всех рабочих без учета машинистов, обслуживающих машины; K_1 — коэффициент накладных расходов, отнесенных к стоимости машино-смен ($K_1 = 1,08$); K_2 — то же, на заработную плату ($K_2 = 1,5$).

Окончательно принимают вариант комплекта машин, обеспечивающих наименьшие продолжительность, трудоемкость и стоимость работ.

§ 3. Проектирование поточного производства работ

Для четкой организации работ по возведению монолитных сооружений комплексный технологический процесс делят на простые потоки, которые выполняют специализированные звенья рабочих. Например, для бетонирования большого количества одинаковых фундаментов можно выделить следующие потоки: установка опалубки — I поток; монтаж арматуры — II поток; бетонирование — III поток; уход за бетоном — IV поток; распалубка — V поток.

Возможен иной вариант деления на потоки с объединением нескольких видов работ в один: установки опалубки и арматуры — I поток; бетонирование — II поток; распалубка — III поток.

Деление комплексного процесса на потоки зависит от вида конструкций, их армирования, сложности и трудоемкости установки опалубки, объемов укладываемого бетона и его трудоемкости, состава и профессиональной подготовки бригады рабочих.

Для организации поточного производства работ сооружения из монолитного железобетона разделяют на захватки и ярусы. Количество захваток на объекте должно быть равно или кратно числу потоков. Размер захватки следует принимать таким, чтобы продолжительность выполнения отдельного вида работ на захватке равнялась одной или нескольким сменам. Переход звена рабочих с одной захватки на другую среди смены нежелателен. Границы захваток должны проходить по температурным или рабочим швам сооружения или включать целое число конструкций (фундаментов, колонн и т. п.).

Процесс бетонирования высоких монолитных сооружений разделяют на ярусы. Высоту ярусов назначают с учетом устройства рабочих швов. При возведении многоэтажных зданий в качестве яруса принимают этаж, включая колонны и перекрытия. Трудоемкость однородных работ (например, опалубочных, бетонных) на захватках и ярусах должна быть примерно одинаковой. Отклонение от средней трудоемкости не должно превышать 25%.

Для создания ритмичного потока необходимо, чтобы продолжительность выполнения разнородных работ на захватках (или модуль цикличности K_d) была примерно одинаковой:

$$K_d = \frac{T_i}{a_i b}, \quad (19-9)$$

где T_i — трудоемкость i -й работы (например, бетонирования) на захватке (чел-смен); a_i — число рабочих-бетонщиков в звене, чел.; b — число работающих звеньев.

Состав звеньев определяют по ЕНиРу.

Для получения одинакового модуля цикличности и обеспечения ритмичного потока при разной трудоемкости разнородных работ количество звеньев на захватках принимают различное.

Рассмотрим пример, когда для бетонирования однотипных фундаментов под колонны для выполнения опалубочных работ на захватке требуется 48 чел-смен, арматурных — 24 чел-смен, бетонных — 36 чел-смен. Состав звена опалубщиков по ЕНиРу предусмотрен из 2 человек, арматурщиков — 2, бетонщиков — 2.

Тогда для обеспечения ритмичного потока с единым модулем цикличности, равным 6 сменам, необходимо принять следующие количества звеньев: опалубщиков

$$b_0 = \frac{T_0}{a_0 K_{\text{ц}}} = \frac{48}{2 \times 6} = 4 \text{ звена};$$

арматурщиков

$$b_a = \frac{T_a}{a_a K_{\text{ц}}} = \frac{24}{2 \times 6} = 2 \text{ звена};$$

бетонщиков

$$b_6 = \frac{T_6}{a_6 K_{\text{ц}}} = \frac{36}{2 \times 6} = 3 \text{ звена}.$$

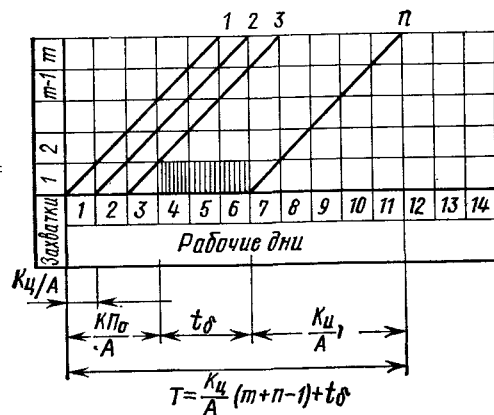


Рис. 19-2. Циклограмма производства железобетонных работ по устройству фундаментов: 1, 2 — установка опалубки и арматуры; 3 — бетонирование; n — последний частный поток (распалубка)

При возведении многоярусных сооружений объемы работ и их трудоемкость на ярусах бывают неодинаковыми, вследствие чего число захваток на каждом ярусе также будет различным: $m_1, m_2 \dots m_i$. На рис. 19-2 и 19-3 внизу $\Pi_{\text{общ}}$ обозначено буквой T.

Общее число захваток на объекте при заданном сроке производства работ $\Pi_{\text{д}}$ будет равно

$$\sum_1^i m = \frac{A}{K_{\text{ц}}} (\Pi_{\text{д}} - t_6) - n + 1. \quad (19-11)$$

Продолжительность работ для многэтажных сооружений, смен, равна

$$\Pi_{\text{общ}} = \frac{K_{\text{ц}}^i}{A} \left(\sum_1^i m + n - 1 \right) + t_6. \quad (19-12)$$

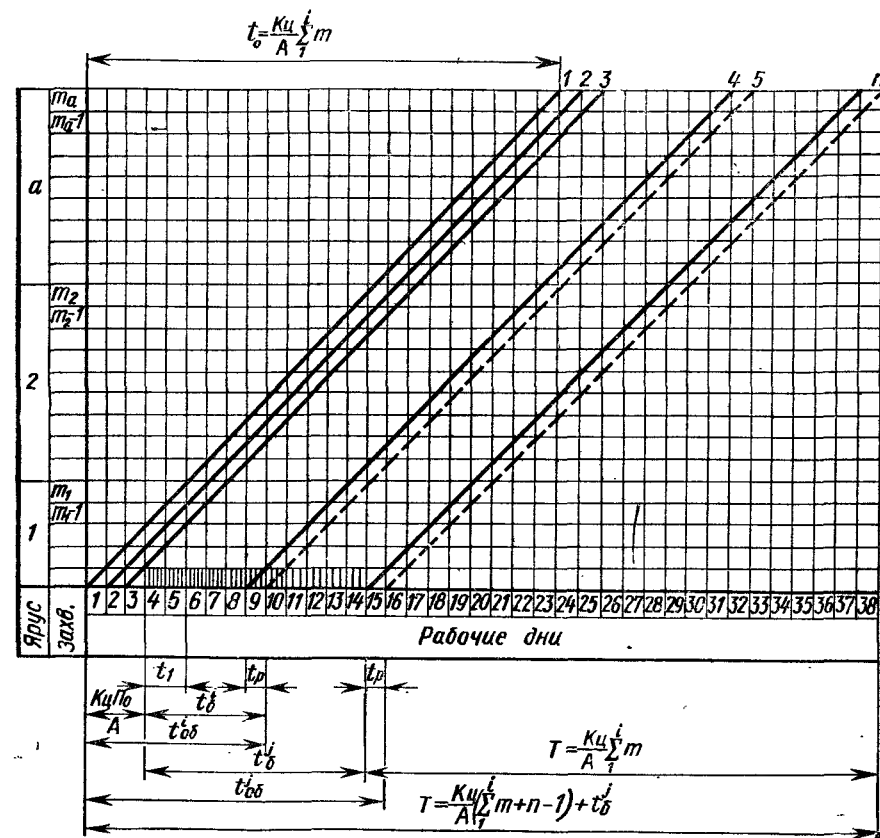


Рис. 19-3. Циклограмма производства железобетонных работ при возведении многоярусного сооружения:

1, 2 — установка опалубки и арматуры; 3 — бетонирование; 4, 5, ... — распалубливание различных элементов сооружения и ремонт опалубки

Фактическую оборачиваемость опалубки определяют по циклограмме (рис. 19-3) отдельно для боковых щитов колонн и несущей опалубки балок, плит и поддерживающих лесов.

Продолжительность установок однотипной опалубки на всех захватках сооружения составит

$$t_o^i = \frac{K_{\text{ц}}}{A} \sum_1^i m. \quad (19-13)$$

Время оборота (цикла) несущей опалубки при бетонировании плит перекрытий, сут, будет равно

$$t_{об}^i = \frac{K_n n_o}{A} + t_6^i + t_p. \quad (19-14)$$

Время оборота несущей опалубки и поддерживающих лесов для бетонирования балок, сут, составляет

$$t_{об}^j = \frac{K_n n_o}{A} + t_6^j + t_p, \quad (19-15)$$

где t_6^i и t_6^j — время выдерживания бетона плит и балок в опалубке, сут; t_p — время ремонта опалубки, сут.

Оборачиваемость опалубки $O_{об}^i$ определяют как частное от деления продолжительности установки однотипной опалубки на всех захватках $t_{об}^i$ на время оборота (цикла) соответствующего комплекта $t_{об}^i$:

$$O_{об}^i = \frac{\sum_1^i m}{\frac{A}{K_n} (t_6^i + K_n) + n_o}, \quad (19-16)$$

или

$$O_{об}^j = \frac{\sum_1^i m}{\frac{A}{K_n} (t_6^j + K_n) + n_o}. \quad (19-17)$$

На циклограмме (рис. 19-3) горизонтальную проекцию частного потока установки опалубки на объекте делят на отрезки, равные продолжительности ее оборота $t_{об}^i$ и $t_{об}^j$. Число отрезков соответствует числу оборотов разных комплектов опалубки.

Потребное количество комплектов для боковой и несущей опалубки определяют по формуле

$$N_{к.о}^i = \frac{\sum S_i}{O_{об}^i S_i}, \quad (19-18)$$

где $\sum S_i$ — суммарная опалубливаемая площадь для данного вида опалубки на объекте, m^2 ; S_i — опалубливаемая площадь комплекта, m^2 .

Количество вибраторов определяют из выражения

$$N_v = v/S_v, \quad (19-19)$$

где v — темп укладки бетона, $m^3/смен$; S_v — производительность вибратора, $m^3/смен$.

§ 1. Контроль качества установки опалубки

За процессом бетонирования необходимо вести систематический контроль на всех операциях, начиная от приготовления бетонной смеси и кончая распалубкой. Этот контроль должна осуществлять строительная лаборатория вместе с непосредственными исполнителями.

Для приготовления бетонной смеси применяют качественные и чистые материалы (песок, щебень, цемент). При этом систематически проверяют крупность песка и щебня, их влажность, количество вредных глинистых и пылеватых частиц, а также прочность щебня на сжатие. Необходимо организовать лабораторный контроль за такими показателями цемента, как сроки его схватывания, тонкость помола и прочность на сжатие (марка).

Особое внимание уделяют точности дозирования составляющих. При этом расход воды систематически корректируют в зависимости от фактической влажности заполнителей.

У места укладки бетонной смеси проверяют ее однородность, подвижность и объем. Если замечено, что смесь при перевозке расслоилась, немедленно корректируют ее состав, изменяют маршрут перевозки, модернизируют транспортные средства и т. д. При отклонении от заданной подвижности изменяют В/Ц и улучшают условия транспортирования.

На крупных объектах, где одновременно ведут укладку разных бетонных смесей, во избежание их пересортицы на каждую партию смеси, доставленную бетоновозом, нужно иметь паспорт. В нем указывают марку смеси, ее подвижность, вид цемента, крупность заполнителя и объем партии.

Контроль за качеством подачи, распределения и укладки бетонной смеси должен вести технический персонал стройки. Контроль заключается в наблюдении за организацией работ и выполнением всех без исключения технологических операций. Здесь не может быть мелочей.

Как указывалось выше, качество бетона сильно зависит от качества опалубки, отсутствия в ней щелей, мер, принятых против расслоения бетонной смеси при подаче и укладке, послонной укладки, качества подготовки рабочих швов, способа виброуплотнения, ухода за бетоном, своевременной и правильной распалубки. Поэтому все эти и другие факторы должны постоянно находиться под контролем технических руководителей стройки.

Особое внимание необходимо уделять контролю за виброуплотнением бетонной смеси. Контроль за процессом вибрирования пока ведут визуальным, судя по степени осадки смеси, прекращению выхода из нее пузырьков воздуха и появлению цементного молока. Субъективность оценки приводит к ошибкам и в конечном

счете к снижению качества бетона. В последнее время для контроля за уплотнением бетонной смеси разработаны плотномеры, принцип действия которых основан на измерении поглощения гамма-излучения. При этом у хорошо уплотненного бетона степень поглощения радиоактивного излучения выше, и наоборот.

Созданы приборы, использующие для контроля за степенью уплотнения бетонной смеси изменение ее омического сопротивления. Внедрение такого контроля повышает качество бетона.

§ 2. Контроль прочности бетона

Прочность на сжатие монолитного бетона во всех областях строительства, кроме гидротехнического, оценивают по результатам испытаний образцов-кубов $20 \times 20 \times 20$ см в возрасте 28 сут в соответствии с ГОСТом.

Контрольные образцы-кубы готовят на месте укладки из бетонной смеси, непосредственно укладываемой в дело и выдерживаемых в условиях нормального твердения (при $20(\pm 2)^\circ\text{C}$ и относительной влажности не менее 90%).

Каждая серия контрольных образцов состоит из трех одинаковых кубов. Количество серий определяют в зависимости от вида конструкций или сооружений, их габаритов и массивности. Одну серию образцов-кубов назначают на следующие объемы работ: на каждые 50 м^3 массивных конструкций при объеме блока бетонирования более 1000 м^3 , при объеме блока меньше 100 м^3 — на каждые 250 м^3 ;

на каждые 100 м^3 крупных фундаментов, но не менее одной серии на каждый блок;

на каждые 50 м^3 массивных фундаментов под технологическое оборудование объемом более 50 м^3 , но не менее одной серии на каждый блок, а при объеме менее 50 м^3 — не менее одной серии на каждый фундамент;

на каждые 20 м^3 каркасных и тонкостенных конструкций (колонны, балки, плиты и т. п.);

не менее двух серий на 200 м^3 оснований и покрытий дорог и аэродромов, одна из которых (три образца-куба) — для испытаний на сжатие, другая — три призмы для испытаний на растяжение при изгибе;

на каждые 50 м^3 сооружений, возводимых в скользящей опалубке, не менее трех серий (одна для испытаний в возрасте трех суток), но не менее чем на каждые 2 м высоты сооружения.

Помимо образцов-кубов стандартного размера в отдельных случаях прочность на сжатие бетона определяют испытанием образцов-кубов с длиной ребра 10, 15 и 30 см, а также образцов-цилиндров диаметром 15 см и высотой 30 см.

Размеры образцов-кубов зависят от наибольшей крупности заполнителя:

Крупность заполнителя, мм	до 20	до 40	до 70	до 150
Куб с длиной ребра, мм	100	150	200	300

Результаты, полученные при испытании образцов-кубов с длиной ребра 10, 15 и 30 см, приводят к стандартной прочности, т. е. прочности при сжатии образцов-кубов с ребром 20 см. Для этого среднеарифметические значения прочности от испытания трех образцов одной серии умножают на поправочные коэффициенты.

Значения поправочных коэффициентов принимают с учетом размеров и формы испытываемых образцов:

Образцы-кубы с ребрами, см	10	15	30
Коэффициент	0,85	0,90	1,10

Для образцов-цилиндров поправочный коэффициент равен 1,10.

Прочность бетона в конструкции или сооружении считают достаточной, если ни в одной из испытанных серий снижение прочности по сравнению с проектной маркой бетона не превышает 15%.

Если при испытании образцов окажется, что прочность бетона ниже проектной более чем на 15%, состав бетона для дальнейшего бетонирования немедленно корректируют, а возможность использования ранее забетонированных конструкций определяет проектная организация.

В отдельных случаях (например, в дорожном и аэродромном строительстве) помимо определения прочности бетона на сжатие испытывают его также на растяжение при изгибе.

В случаях, оговоренных проектом или специальными техническими условиями, бетон испытывают на прочность при осевом растяжении, на морозостойкость и водонепроницаемость.

Качество торкрета и набрызг-бетона контролируют испытанием образцов на прочность при сжатии и водонепроницаемость. С этой целью методом торкретирования готовят плиты, из которых выпиливают образцы-кубы необходимых размеров или плитки для испытания на водонепроницаемость.

При подводном бетонировании для проверки прочности бетона на сжатие из «тела» конструкции или сооружения выбуривают образцы-цилиндры.

§ 3. Испытание прочности бетона в конструкциях и сооружениях

В тех случаях, когда невозможно установить марку бетона в конструкции или сооружении путем испытания предварительно изготовленных или выбуренных образцов, его прочность на сжатие проверяют неразрушающими методами. Эти методы основаны на том, что сначала измеряют какую-нибудь физико-механическую характеристику бетона (x_i), а затем через нее определяют прочность на сжатие $R_{сж}$.

Зависимость $R_{сж} = f(x_i)$ для каждого метода и вида бетона устанавливают экспериментально с составлением тарировочных графиков или таблиц.

Неразрушающие методы подразделяются на две группы: механические и физические.

К группе механических методов относится оценка прочности бетона на сжатие в конструкциях и сооружениях с помощью эталонного молотка Кашкарова (рис. 20-1). В этом методе используется зависимость между прочностью бетона на сжатие и его поверхностной твердостью:

$$R_{сж} = f(H).$$

Для определения прочности бетона на сжатие устанавливают молоток Кашкарова шариком на бетон и слесарным молотком наносят удар по корпусу эталонного молотка. При этом шарик нижней частью вдавливается в бетон, а верхний — в эталонный металлический стержень, оставляя на бетоне и на стержне отпечатки. После измерения диаметров этих отпечатков d_6 и d_3 находят их отношение d_6/d_3 .

Рис. 20-1. Эталонный молоток Кашкарова:

а — схема; б — разрез; 1 — корпус; 2 — стакан; 3 — головка; 4 — пружина; 5 — шарик; 6 — эталонный стержень

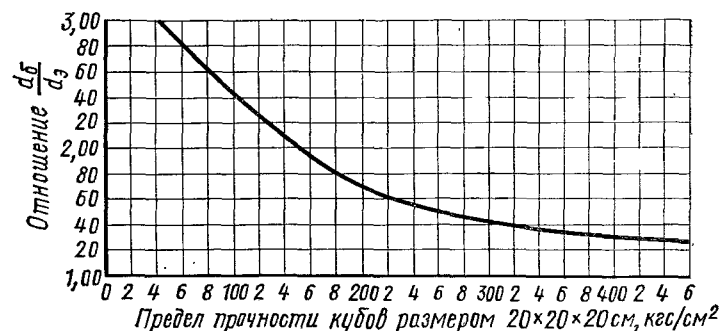


Рис. 20-2. Тарировочная кривая для определения прочности бетона по значению d_6/d_3 .

По среднеарифметическому из десяти замеров d_6/d_3 с помощью тарировочных кривых (рис. 20-2) определяют прочность бетона на сжатие. Этот метод, отличающийся простотой и малой трудоемкостью, применяют для определения прочности бетона в тонкостенных конструкциях и сооружениях. Однако он позволяет оценить свойства только поверхностных слоев бетона, что снижает его точность.

Метод Вольфа основан на использовании зависимости между прочностью бетона на сжатие и на растяжение или вырывным усилием:

$$R_{сж} = f(P_r).$$

Для испытания в бетоне сооружения бурят шесть скважинок диаметром 26 мм и глубиной 55 мм. В них вставляют разжимной конус (рис. 20-3), который состоит из конусообразного сердечника, четырех цанговых щек с наружным рифлением, прижимной пружины и соединительной муфты для крепления разжимного конуса к пресс-наосу. Затем конус выдергивают из скважины.

При выдергивании цанговые щеки за счет трения заклиниваются в скважине и выкалывают бетон вокруг нее в виде усеченного неправильного конуса. Развиваемое при этом усилие фиксируется манометром. В зависимости от вырывного усилия P_r по тарировочному графику (рис. 20-4) определяют прочность бетона на сжатие.

Этот метод учитывает влияние на прочность бетона не только раствора, но и крупного заполнителя и сцепления между ними. Однако метод трудоемок (необходимо бурить скважинки) и применять его для испытания тонкостенных конструкций невозможно.

Создаются методы испытаний, использующие зависимость между прочностью бетона на сжатие и упругим отскоком шарика определенной массы, ударяющегося о поверхность бетона с определенной энергией. Этот принцип использован в приборе Царицына, Корниловича и Осадчука (рис. 20-5).

Прибор состоит из маятника с шариком на конце. Маятник свободно качается на оси, на одном конце которой закреплена стрелка для фиксирования показаний прибора на шкале, градуированной в кгс/см². Маятник закрепляют в исходном горизонтальном положении скобой. Нажимая на спусковой крючок, освобождают маятник. Его шарик ударяет по бойку, после чего отскакивает на определенный угол, что и фиксируется стрелкой.

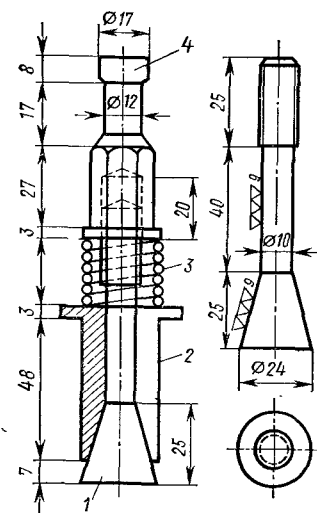


Рис. 20-3. Разжимной конус: 1 — сердечник; 2 — щеки; 3 — прижимная пружина; 4 — муфта

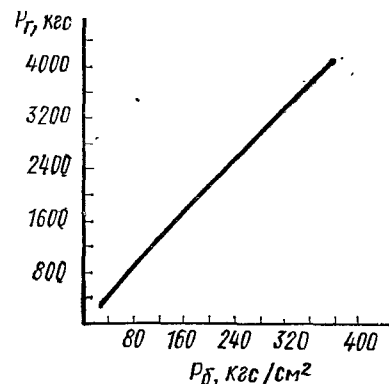


Рис. 20-4. Зависимость прочности бетона $R_{сж}$ от вырывного усилия P_r

Прибор удобен, трудоемкость испытаний невелика. Однако методы, основанные на принципе упругого отскока, имеют невысокую точность.

Из физических методов определения прочности бетона на сжатие широко распространен импульсный ультразвуковой. Он основан на измерении скорости распространения в бетоне продольных ультразвуковых волн и степени их затухания. Для испытаний используют специальные ультразвуковые приборы типа УП-4 или УКБ-1.

Скорость продольных ультразвуковых волн v определяют, км/с, из выражения

$$v = \frac{S}{t - t_0},$$

где S — длина пути распространения ультразвука, т. е. база измерения, мм; t — время прохождения ультразвука в микросекундах; t_0 — постоянная поправка прибора, определяемая при сомкнутых щупах.

Скорость ультразвука связана функциональной зависимостью с динамическим модулем упругости бетона. Так, для бетонных стержней, прозвучиваемых с торцов, эта зависимость имеет вид

$$E_d = v^2 \rho,$$

где ρ — плотность бетона, равная γ/g ; g — ускорение силы тяжести.

Прочность на сжатие для бетона определенного состава определяют по тарировочным кривым или вычисляют по формуле

$$R_{сж} = E_d^2 / K^2,$$

где K — эмпирический коэффициент, зависящий от состава бетона и изменяющийся в пределах 16 000—23 000.

Помимо зависимости $R_{сж} = f(E_d)$ установлена непосредственная статистическая зависимость $R_{сж} = f(v)$.

Относительно нетрудоемкий импульсный ультразвуковой метод применяют для оценки прочности бетона, его однородности и выявления дефектов структуры. При определенных условиях (постоянство технологии, идентичность исходных материалов и т. п.) этот метод обеспечивает вполне приемлемую точность контроля.

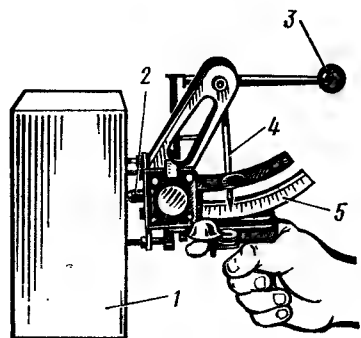


Рис. 20-5. Маятниковый прибор Царицына, Корниловича и Осадчука:

1 — образец бетона; 2 — боек; 3 — маятник; 4 — стрелка; 5 — шкала

симось имеет вид

ГЛАВА 21

ГЕОДЕЗИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ПРИ ВОЗВЕДЕНИИ МОНОЛИТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ, ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

§ 1. Комплекс геодезических измерений при возведении монолитных зданий и сооружений

Опыт строительства монолитных зданий и сооружений в скользящей опалубке в СССР и за рубежом показывает, что особенностью геодезического обеспечения при использовании этого метода является оперативное выполнение необходимых измерений и незамедлительная их обработка.

Особое место измерений и измерительной техники в монолитном строительстве обуславливается тем, что количество контрольно-измерительных операций в нем становится все больше; ошибки технологических операций и ошибки геодезических измерений в равной мере снижают качество и несущую способность сооружений. Контрольные измерения исключают перенос и распространение брака с одного строительного этапа на другой, способствуют ликвидации различного рода доводок и подгонок.

В строительстве монолитных зданий важную роль играет правильная организация геодезических измерений. Для этой цели перед началом строительства составляют проект производства геодезических работ (ППГР).

Проект производства геодезических работ включает:

схему построения в натуре основных осей здания с предварительным расчетом точности и указаниями по методике их построения с учетом имеющейся сети опорных пунктов;

схему размещения осевых знаков и способы их закрепления; указания по выполнению детальных геодезических разбивочных работ для обеспечения процесса строительства в увязке с календарными графиками строительных работ;

схему и методику проведения работ по геодезическому контролю точности возводимых зданий;

схему проведения исполнительных геодезических съемок зданий по этапам работ с указанием методики и точности выполнения измерений;

схему и порядок составления технической исполнительной документации;

схему организации геодезических наблюдений за деформациями зданий в процессе строительно-монтажных работ (если это вызывается неблагоприятными физико-геологическими процессами или явлениями в грунтах);

указания по охране труда при выполнении этих работ.

При возведении монолитных зданий в скользящей опалубке применяется следующая технология геодезических работ: 1) под-

готовительные работы; 2) создание на строительной площадке плановой и высотной основы; 3) разбивочные работы для монтажа опалубки на фундаментной плите; 4) контроль и исполнительная съемка смонтированной опалубки; 5) построение сети опорных знаков, с которых производят контрольные измерения; 6) контрольные измерения во время подъема опалубки и одновременно (по мере необходимости) вынос проектных отметок на рабочий пол под закладные детали; 7) оценка точности геодезических измерений и определение качества соблюдения геометрических параметров возведенного здания; 8) заключительные работы.

В начале строительства разбивают в натуре главные оси зданий, затем создают плановое и высотное локальное разбивочное обоснование. Локальное плановое геодезическое обоснование создают в виде комбинированной линейно-угловой сети, в которой стороны измеряют со средней квадратической относительной погрешностью 1:20 000. Высотная локальная сеть создается по программе III класса государственного нивелирования.

Из-за сложности конфигурации монолитных высотных зданий приходится делать детальную разбивку положения плит фундамента и его арматуры, а также для монтажа скользящей опалубки.

Для геодезического обеспечения строительства высотных монолитных зданий и сооружений на стадии их возведения производят детальныe разбивочные работы. Так, для укладки фундаментной плиты на чистом слое (бетон толщиной в 10—12 см) строят оси здания (стен), контур фундаментной плиты, места закладки арматурных стержней и оси установки закладных деталей.

Допускаемые отклонения в размерах и положении монтируемой скользящей опалубки не должны превышать величин, приведенных в СНиП III-15—76.

Пространственная система опалубки имеет шесть степеней свободы по осям x , y и z и от крутящих моментов M_x , M_y , M_z в плоскостях этих осей. Для обеспечения вертикальности стен здания существенное значение имеет учет горизонтальных смещений всей системы опалубки в направлении осей x и y , а также кручения всей системы M_z в плоскости оси z .

В процессе подъема опалубки проводят комплекс геодезических измерений с целью контроля движения опалубки и определения возможных деформаций корпуса опалубки. Этот комплекс можно разделить на следующие основные операции: контроль движения опалубки по вертикали; передача отметок на рабочий пол опалубки по мере ее подъема; контроль горизонтальности рабочего пола опалубки; контроль вертикальности возведения стен здания, а также вертикальности лифтовых шахт; определение кручения опалубки и ее деформаций.

§ 2. Построение разбивочной основы на исходном горизонте

При возведении монолитных зданий и инженерных сооружений для перенесения проекта в натуру выполняют геодезические

разбивочные работы, которые подразделяют на основные и детальные. Основные геодезические разбивочные работы заключаются в построении на местности главных и основных осей зданий и сооружений.

Главными осями здания или сооружения являются две линии, пересекающиеся под прямым углом, относительно которых здание или сооружение располагается симметрично. Основными осями являются линии, определяющие контур здания или сооружения в плане, и подразделяются они на продольные и поперечные. Главные и основные оси служат геодезической основой для детальных разбивочных работ.

Главные оси разбивают в тех случаях, когда здание или сооружение имеет сложную конфигурацию и большие размеры, а также когда группа зданий тесно связана между собой технологическими процессами.

Исходными проектными данными для разбивки главных и основных осей зданий и сооружений служат генеральный план строительной площадки, архитектурно-строительные рабочие и разбивочные чертежи.

Современный уровень развития капитального строительства требует построения локальной геодезической разбивочной основы для производства строительного-монтажных работ при возведении высотных монолитных зданий. Ее создают в виде внешней основы, расположенной вне возводимого объекта, и внутренней, размещаемой внутри здания. Внешнюю геодезическую основу закрепляют осевыми знаками на земной поверхности. Внутренняя геодезическая основа создается от пунктов внешней геодезической основы на исходном горизонте здания или сооружения. Служит она для монтажа опалубки и конструкций надземной части здания, а также технологического оборудования внутри его. Так как схема основы повторяет геометрическую схему расположения осей здания, ее называют осевой геодезической основой.

Возведение крупных зданий позволяет при проектировании и построении локальной сети совмещать ее стороны с основными и промежуточными осями зданий или располагать параллельно им и тем самым создавать более благоприятные условия для последующих геодезических построений при возведении зданий. В таком случае точность положения пунктов локальной осевой основы будет обуславливаться требуемой точностью положения разбивочных осей.

Наиболее надежным и простым видом внешней основы является осевая геодезическая основа, пункты которой располагают на выходах основных и промежуточных разбивочных осей здания или сооружения (рис. 21-1). Внешняя локальная геодезическая разбивочная основа должна фиксировать оси здания или сооружения с точностью, требуемой для выполнения строительных работ на нулевом цикле, устройства технологических и прочих коммуникаций между зданиями и сооружениями, передачи разбивочных осей наклонным проектированием, а также для предварительного по-

строения пунктов внутренней геодезической основы на конструкциях исходного горизонта зданий.

Класс точности локальной разбивочной основы, методы достижения расчетной точности, количество знаков, их конструкция и расположение в районе строительства здания должны быть указаны в проекте производства геодезических работ (ППГР).

Ниже рассмотрена технология построения внешней локальной разбивочной основы для высотных монолитных зданий.

Вначале на местности строят основные и промежуточные оси от пунктов разбивочной основы способом прямоугольных или полярных координат, угловых или линейных засечек. Предваритель-

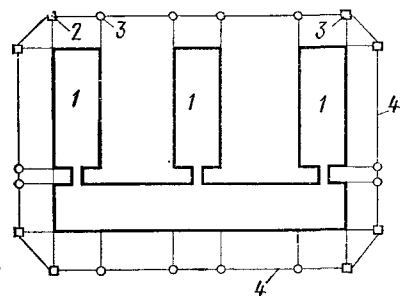


Рис. 21-1. Схема внешней геодезической основы:

1 — здания; 2 — основной разбивочный знак; 3 — створный разбивочный знак; 4 — сторона разбивочного хода

но вынесенные оси закрепляют на местности сразу постоянными (до сдачи объекта в эксплуатацию) знаками, при этом конструкция их должна учитывать возможность перемещения центра знака в плане. Геодезическими измерениями определяют точные координаты точек, предварительно закрепляющих оси на верхней пластинке знака. Выбор метода определения координат этих точек зависит от требуемой точности разбивочных работ, размеров стройплощадки и условий работы на ней, формы здания или сооружения и других факторов.

Взаимосвязь местоположения объектов строительства определяется осевыми системами, закрепляют которые на местности в период строительства специальными знаками.

На основании разбивочного чертежа, плана подвала, первого и типового этажей здания составляют схему закрепления осей с учетом обеспечения максимального удобства выполнения геодезических работ, возможности постоянного контроля и восстановления утраченных осей, неизбежности знаков закрепления в натуре этой схемы.

Главные и основные разбивочные оси зданий и сооружений закрепляют на местности постоянными знаками. Места закрепления осей выбирают на стройгенплане с учетом долговременной сохранности знаков, а также обеспечения беспрепятственного ведения строительных работ. Место закрепления знака должно быть удобным для установки на нем геодезических приборов и ведения измерений с них.

Знаки устанавливают на строительной площадке в таких местах, где обеспечивается неподвижность их как в плане, так и по высоте. Их нужно располагать вне зоны земляных работ в местах, свободных от складирования строительных материалов, размещения временных сооружений и др.

Выбор конструкций знаков закрепления главных и основных осей зданий и сооружений зависит от условий строительной площадки, наличия строительных материалов, изделий и конструкций, сроков строительства, применяемых методов и видов разбивочных работ.

Высотной разбивочной основой при возведении зданий и сооружений должны служить реперы нивелирного хода, прокладываемого вблизи строящегося здания. Класс точности опорной нивелирной сети должен быть не ниже класса точности высотного обоснования, запроектированного для данного здания.

При построении высотной основы отметки на строительные реперы передают от реперов опорной нивелирной сети, между которыми прокладывают нивелирный ход.

Относительная отметка 0,00 чистого пола первого этажа здания должна соответствовать абсолютной отметке, указанной в чертежах проекта здания при его высотной привязке.

Построение высотной основы для строительства здания начинают с составления рабочей схемы, на которой указывают отметки исходных реперов, количество строительных реперов высотной основы, направления нивелирных ходов.

Нивелирную сеть строят в виде отдельных ходов, опирающихся обоими концами на реперы и марки опорной нивелирной сети, а также в форме замкнутых полигонов. Отметки на строительные

Таблица 21-1

Технические характеристики нивелиров

Параметры	Н-3 (СССР)	НВ-1 (СССР)	НС-4 (СССР)	НИ-025 (ГДР)	НИ-В1 (ВНР)
Увеличение, крат	31	31	30,5	20	28
Наименьшее расстояние визирования, м	3,0	3,0	2,1	1,5	1,2
Цена деления уровней, мм:					
основного	15—23	17—23	—	—	30
установочного	7—15	7—15	7—15	8	6
Средняя квадратическая ошибка на 1 км хода, мм	±3	±3	±4	±(2—3)	±3
Масса, кг:					
нивелира	1,8	1,8	2,0	1,7	2,6
футляра	2,0	2,0	2,0	1,7	1,7
штатива	4,0	4,0	3,5	3,4	4,2
Пределы работы компенсатора	—	—	±20	±10	—
Точность самоустановки линии визирования	—	—	±1″5	±0″5	—

реперы передают не менее чем от двух реперов или марок государственной нивелирной сети ходами длиной не более 1 км. Высотную рабочую основу под отдельные здания при массовой застройке создают по программе IV класса государственного нивелирования.

Для зданий повышенной этажности (12—14 этажей) и сильно развитых в плане в зависимости от их конструктивных особенностей рабочее высотное обоснование строят по программе III класса государственного нивелирования.

При создании геодезической рабочей высотной основы необходимо применять такие типы нивелиров, технические данные которых должны соответствовать требованиям данного класса. Марки нивелиров и требования, предъявляемые к ним, указаны в табл. 21-1.

§ 3. Геодезическое обеспечение монтажа опалубки

Геодезическое обеспечение монтажа опалубки зависит от конфигурации здания и конструкций самой опалубки.

Перед монтажом скользящей опалубки возведения стен здания или сооружения выполняют следующие виды работ: производят геодезическую исполнительную съемку конструкций подземной части здания; выносят на фундамент внутренние грани стен сооружения; нивелируют фундаментную плиту и фиксируют наивысшую точку, отметку которой принимают за 0,00; проверяют геометрические размеры домкратных рам, при этом отклонение от проектных размеров между стойками домкратных рам по высоте допускается не более ± 5 мм.

По окончании монтажа скользящей опалубки проверяют вертикальность ее щитов, т. е. определяют конусность с помощью нитяного отвеса или рейки-отвеса. Конусностью скользящей опалубки считают отклонение ее внешних и внутренних щитов от вертикальной плоскости (выраженное в линейной или угловой мере). Конусность скользящей опалубки определяют как при ее монтаже, так и в процессе подъема. Допускаемое отклонение конусности на одну сторону не должно превышать ± 4 мм. Обратная конусность не допускается, так как в этом случае может произойти срыв бетона. При монтаже опалубки определяют «конусность» ее щитов, а при подъеме контролируют вертикальность кружал опалубки.

Конусность скользящей опалубки выявляют с помощью приспособлений, обеспечивающих необходимую точность контрольных измерений. После окончания геодезических работ по монтажу опалубки определяют горизонтальность рабочего пола опалубки.

§ 4. Показатели, характеризующие положение рабочего пола скользящей опалубки

Как отмечалось выше, на отклонение возводимых зданий от вертикали сильно влияет горизонтальность рабочего пола опалубки. Такими факторами могут быть следующие: неравномерность работы домкратов (разный шаг); неравномерное расположение по полу опалубки строительных деталей. Дополнительная нагрузка на рабочий пол опалубки, которая, в свою очередь, вызывает асинхронность работы домкратных установок; недостаточная жесткость опалубки.

Отклонения точек рабочего пола от горизонтальной плоскости вызывают наклоны и кривизну, перегибы внешних шитов опалубки, а также скручивание последней.

Горизонтальную плоскость условно можно провести через одну и ту же точку рабочего пола на различных отметках или через самую высокую точку рабочего пола на горизонте. Тогда отклонение в каждой отдельной точке составит

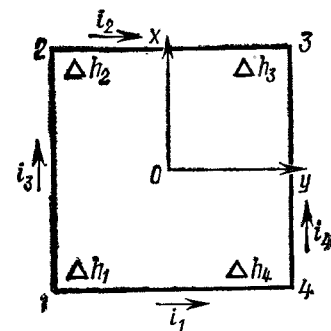


Рис. 21-2. Контроль горизонтальности рабочего пола скользящей опалубки

$$\Delta h_i = a_B - a_i,$$

где $a_{\text{в}}$ — отсчет по нивелирной рейке в самой высокой точке рабочего пола опалубки; a_i — отсчет по нивелирной рейке на низкой точке пола опалубки.

Контроль горизонтальности рабочего пола показан на рис. 21-2.

Средние отклонения точек рабочего пола опалубки от горизонтальной плоскости по внешнему контуру $\Delta h_{\text{к.о}}$, центральному отделению $\Delta h_{\text{ц.о}}$ и по всему полу $\Delta h_{\text{п.о}}$ определяют по следующим формулам:

$$\Delta h_{k.0} = \sum \Delta h_k / n_k;$$

$$\Delta h_{u,p} = \sum \Delta k_u / n_u;$$

$$\Delta h_{\Pi.0} = \sum \Delta h_{\Pi} / n_{\Pi},$$

где n_K , n_C , n_H — количество наблюдаемых точек соответственно по внешней контуре, центральному отделению и по всему полу.

Сопоставление $\Delta h_{к.о}$, $\Delta h_{ц.о}$ и $\Delta h_{п.о}$ дает возможность установить положение рабочего пола опалубки в процессе ее подъема и принять меры к перераспределению нагрузки по всему рабочему полу.

Контроль высотного положения пола опалубки и вынесение в натуру проектных отметок положения закладных деталей балок

перекрытий, фасадных элементов, а также дверных и оконных проемов является обязательным и трудоемким процессом.

В комплекс высотных измерений входят передача отметок от исходного репера у основания здания на рабочий пол опалубки; вынесение проектных отметок под закладные детали; нивелирование рабочего пола опалубки.

Допустимые отклонения при установке скользящей опалубки указаны ниже, мм:

Смещение осей опалубки относительно проектных	±10
Наибольшая разность отметок плоскостей верхних кружал или поверхности рабочего пола на расстоянии:	
до 3 м	±10
от 3 м и более	±15
Наибольшая разность отметок ригелей однотипных домкратных рам	±10
Отклонение «конусности» скользящей опалубки на одну сторону	±4
Отклонения в расстояниях между стенками опалубки (в толщине стен сооружения)	±5
Смещение осей домкратов относительно оси стен	±2
Отклонения в размещении домкратных рам вдоль стен (за исключением мест, где расстояния между рамами являются свободными размерами)	±10

Примечание. Отклонение положения стоек домкратных рам и осей домкратов от вертикали и обратная конусность не допускаются.

В настоящее время создаются новые типы высокооборотистой унифицированной опалубки, позволяющей до минимума свести затраты ручного труда на подготовительных работах. Скорость подъема опалубки, которая в настоящее время достигает 15—35 см/ч, можно увеличить. Необходимо вести постоянный геодезический контроль при возведении зданий, поскольку в процессе строительства возможны отклонения от вертикального положения стен.

Отклонение сооружения от вертикали не должно превышать 1/500 высоты сооружения, а в целом оно не должно превосходить 100 мм при высоте сооружения до 50 м.

Допускаемые отклонения монолитных конструкций и сооружений от проектных следующие, мм:

Отклонение плоскостей и линий их пересечения от вертикали или от проектного наклона на всю высоту конструкций:	
фундаментов	20
сооружений, возводимых в скользящей опалубке	1/500 высоты сооружения, но не более 100
зданий, возведенных в скользящей опалубке	1/1000 высоты, но не более 50
Отклонение горизонтальных плоскостей от горизонтали на всю плоскость выверяемого участка	20

§ 5. Контроль вертикальности движения скользящей опалубки и стен зданий и сооружений

Контроль вертикальности ведут способом отвесной плоскости. При геодезическом контроле вертикальности движения скользящей опалубки и возводимых стен зданий применяют способ отвесной плоскости или отвесной линии. При первом способе применяется теодолит, при втором — приборы вертикального проектирования (зенит-прибор, ОЦП, PZL и др.).

Для переноса отметок на рабочий пол опалубки обычно применяют трех- или четырехметровые разграфленные деревянные рейки, которые постоянно по мере подъема опалубки наращивают и прикрепляют к металлической арматуре.

Способ проектирования с помощью отвесной плоскости заключается в том, что визирную ось трубы теодолита размещают в одной коллимационной плоскости с исходной точкой и путем наклона визирной оси трубы ее переносят на другой горизонт. Так делают при двух положениях вертикального круга, чтобы избежать влияния инструментальных ошибок. Измеряют угловое смещение при двух положениях круга и вычисляют отклонения от вертикали по формуле

$$q = \frac{\gamma}{\rho} D,$$

где γ — угловое смещение, с; D — расстояние от теодолита до точки наведения, мм; $\rho = 206265''$.

Заданное положение вертикальной линии с помощью теодолита характеризуется стандартом погрешности, который определяют по формуле

$$\sigma_{\text{пр}} = \sqrt{\sigma_{\text{фок}}^2 + \sigma_{\text{и}}^2 + \sigma_{\text{в}}^2 + \sigma_{\text{цр}}^2 + \sigma_{\text{в.н}}^2},$$

где $\sigma_{\text{фок}}$ — стандарт погрешности положения оси, вызванной переменной фокусировки при визировании на марку в месте закрепления оси (величина $\sigma_{\text{фок}}$ может достигать 3—4''); $\sigma_{\text{и}}$ — стандарт погрешности положения оси, вызванной наклоном оси вращения прибора, который не исключается проектированием при двух положениях вертикального круга теодолита; $\sigma_{\text{и}} = b \operatorname{tg} \alpha \sin \beta$, где β — угол между горизонтальными проекциями линий визирования и оси вращения инструмента. Величина b зависит от точности поверки уровня и точности установки пузырька уровня в нуль-пункт; α — угол наклона теодолита; $\sigma_{\text{в}}$ — стандарт погрешности $\sigma_{\text{в}} = 60''/v$, где v — увеличение трубы; $\sigma_{\text{цр}}$ — стандарт погрешности положения оси из-за центрирования прибора и редукции визирной цели; для оптического отвеса $\sigma_{\text{ц}} = \pm 0,45$ мм; для нитяного отвеса $\sigma_{\text{ц}} = \pm 10,0$ мм; $\sigma_{\text{р}} = \rho (l/S) \cos \alpha$, где l — линейный элемент; S — расстояние, α — угол наклона линии визирования; $\sigma_{\text{в.н}}$ — стандарт погрешности влияния внешних условий.

Исследования показали, что если предельную погрешность проектирования теодолитом ограничить величиной $\sigma_{п.р} = \pm 3,0$ мм, то предельные высоты проектирования для различных расстояний D от прибора до визирной марки не должны превышать величин, указанных в табл. 21-2.

Из табл. 21-2 видно, что максимальная высота проектирования обеспечивается при удалении приборов от здания на 60—80 м. При контроле необходимо применять теодолиты с накладным уровнем.

Таблица 21-2

Предельные высоты проектирования с помощью теодолита Н, м

Расстояние, м	Типы теодолитов	
	Т-2	Т-30
20	20	10
40	28	15
60	38	18
80	37	20
100	32	18

Использовать метод вертикального проектирования с помощью теодолита часто не позволяют ограниченные размеры строительной площадки. Кроме того, при этом методе контроля вертикальности можно выявить отклонения только в одной плоскости.

Контроль вертикальности способом отвесной линии. В последнее время в практике строительства широко распространен способ вертикального проектирования с применением приборов ОЦП, ПОВП и PZL.

Для контроля вертикальности смещения и кручения здания вокруг ядра жесткости по углам фундамента за-

кладывают контрольные знаки (марки) с учетом удобного доступа к прибору, центрируемому над ними.

На полу опалубки (в углах) устанавливают на специальных кронштейнах визирные марки (палетки), представляющие собой координатную сетку с сантиметровыми делениями. До начала работы центры визирных марок на опалубке должны совпадать с центрами контрольных марок на фундаментной плите. Отсчеты по визирным маркам берут дважды, с поворотом инструмента на 90° вокруг вертикальной оси.

Для контроля вертикальности движения опалубки приборами типа ПОВП и PZL прибор центрируют над исходной опорной точкой; линию визирования прибора приводят в вертикальное положение. Над прибором (на рабочем полу опалубки) устанавливают полупрозрачную палетку с сеткой прямоугольных координат, закрепляемой в металлической рамке.

Далее, при четырех положениях окуляра прибора (0, 90, 180 и 270°) проектируется точка пересечения сетки нитей визирной трубы прибора на координатную сетку палетки; затем определяют координаты проектируемой точки на палетке как среднее значение координат из четырех измерений. Окончательно положение опорной точки фиксируют на монтажном горизонте в виде двух взаимно перпендикулярных пар рисок.

Погрешность проектирования опорной точки разбивочной оси на монтажный горизонт вызывается влиянием погрешностей приведения визирной оси прибора в отвесное положение σ_v , визирова-

ния σ_v , центрирования прибора над опорной точкой $\sigma_ц$, фиксации точки на палетке $\sigma_ф$.

Стандарт погрешности проектирования оси определяют по формуле

$$\sigma_{пр} = \sqrt{\frac{h^2}{\rho^2} \left(\sigma_v^2 + \frac{60''^2}{v^2} \right) + \sigma_ц^2 + \sigma_ф^2},$$

где h — превышение между прибором и монтажным горизонтом; v — увеличение зрительной трубы.

Ошибку приведения визирной оси инструмента в отвесное положение для инструментов с компенсаторами (ОЦП, PZL) принимают из паспорта инструмента. Для инструментов типа «зенит-прибор» ошибку вычисляют по формуле $\sigma_v = 0,5\tau$, где τ — цена деления уровня.

§ 6. Корректировка движения опалубки

Самые хорошие результаты измерений и самая высокая оценка точности бесполезны в том случае, если нельзя провести корректировку движения опалубки.

Применяют несколько способов корректировки разворота (вращения) опалубки. Один из них осуществляется с помощью оттяжных лебедок. Лебедки устанавливают на площадке и при помощи тросовых оттяжек создают вращающий момент, направленный в противоположную сторону вращения.

При большой высоте здания или сооружения борьба с вращательным движением опалубки затрудняется тем, что угол наклона оттяжных тросов к горизонтальной ее плоскости увеличивается, а горизонтальная составляющая отрицательного момента вращения уменьшается.

Используют также метод ликвидации вращения опалубки вокруг вертикальной оси с помощью винтовых оттяжек. Последние устанавливают внутри возводимого сооружения и создают вращающий момент противоположного направления. Оттяжку крепят одним концом за верх конструкции скользящей опалубки, а другим — к закладным деталям в забетонированных элементах под углом 15—20° к горизонтальной плоскости. Под действием оттяжки скользящая опалубка при подъеме на 2—5 м возвращается в проектное положение или близкое к нему.

При небольших отклонениях здания от вертикали с целью их уменьшения можно использовать наклон рабочего пола в сторону отклонения. Для этого предварительно выравнивают домкраты, а затем по схеме их расположения рассчитывают, какие из них и на сколько времени нужно выключить, чтобы создать равномерный наклон всей площади тем же способом, которым производят выравнивание.

Величина превышения при создании наклона рабочего пола зависит от скорости отклонения здания от вертикали и от разме-

ров самого пола; в каждом случае ее выбирают после анализа результатов геодезического контроля вертикальности. Если принятый наклон рабочего пола недостаточен (что проверяют через 100—200 см подъема опалубки) для предотвращения дальнейшего отклонения сооружения, его постепенно увеличивают до тех пор, пока отклонение не прекратится. Бетонирование стен продолжают, удерживая наклон рабочего пола в заданном положении тем же способом, каким ведут выравнивание; за исходные данные в положении домкратов принимают те, по которым был создан наклон опалубки.

Если дальнейшее отклонение стен сооружения от вертикали прекратилось или начало уменьшаться, постепенно уменьшают и наклон рабочего пола, продолжая постоянно контролировать вертикальность, иначе стены сооружения отклонятся в противоположную сторону.

В сочетании с наклоном пола скользящей опалубки и принудительными способами с помощью лебедок или растяжек разворот опалубки и отклонения зданий и сооружений от вертикали можно устранить.

§ 7. Возможность применения лазерных приборов в монолитном строительстве

Лазерные приборы и их основные характеристики. К началу 1961 г. в СССР и США были впервые разработаны и изготовлены оптические квантовые генераторы (ОКГ) на рубине и на смеси газов гелия и неона. Необходимо отметить, что наряду с термином «оптический квантовый генератор» в настоящее время пользуются термином «лазер».

Лазер — это генератор света. Его название произошло от начальных букв английской фразы «усиление света с помощью индуцированного излучения».

Любой оптический квантовый генератор состоит из двух основных элементов: рабочего вещества, приводимого каким-либо способом в активное состояние, и резонатора, обеспечивающего синхронную работу активных частиц этого вещества. Такова принципиальная схема лазера. Отличительными свойствами лазерного излучения являются монохроматичность и направленность при сохранении значительной световой энергии (мощности).

В настоящее время отечественная промышленность серийно выпускает следующие виды квантовых источников света: твердотельные газовые и полупроводниковые, возбуждаемые световой накачкой импульсных ламп. Эти источники излучают свет мощными импульсами, и угол расходимости их световых лучей изменяется в пределах от 3 до 30°. Полупроводниковые источники с прямым преобразованием электрической энергии в свет имеют малые размеры и не нуждаются в охлаждающем устройстве. Угол расходимости луча этих источников довольно велик — до 10° и более, вследствие чего концентрация световой энергии в пучке невелика.

Газовые лазеры, возбуждаемые высокочастотным полем или постоянным напряжением, в основном дают непрерывное излучение в видимой и инфракрасной частях спектра. Мощность их может варьироваться в широких пределах — от нескольких милливатт до сотен ватт. Угол расходимости лучей этих источников света находится в пределах 3—10'.

Основные требования к лазерам для случая применения их в геодезических приборах с учетом специфики строительных работ сводятся к следующим: мощность излучения должна обеспечивать дальность действия лазерных приборов, необходимую на строительной площадке; излучение должно лежать в видимой спектральной области; длина волны излучения должна минимально поглощаться атмосферой; лазер со всеми вспомогательными устройствами должен иметь габариты и массу, приемлемые для полевых условий; лазер должен иметь достаточно продолжительный гарантированный срок работы.

По характеристикам наиболее приемлемы для создания геодезических приборов газовые лазеры. Основные характеристики некоторых отечественных газовых лазеров указаны в табл. 21-3.

Таблица 21-3

Характеристики гелий-неоновых лазеров непрерывного действия

Тип прибора	Мощность излучения, мВт		Угол расходимости луча, угловая м	Гарантированная долговечность, ч	Габаритные размеры, мм	Масса, кг
	много-модовый режим	одно-модовый режим				
ОКГ-16	—	0,2	10	500	180×46	0,9
ОКГ-13	0,5	0,3	10	1000	250×46	1,5
ЛГ-55	2	1	5	500	260×70×60	5
ЛГ-56	2	—	10	500	296×150×150	5
ОКГ-11	2	1	10	1000	550×160×450	18
ОКГ-12	20	—	15	500	1140×120	18
ЛГ-56	40	20	5	750	1530×290×300	20
ЛГ-75	25	—	10	500	1050×109×112	28
ЛГ-36А	80	40	5	500	1800×290×300	20

Технология контроля точности с помощью луча лазера. Пучки лазерного излучения в сочетании с элементами геодезических инструментов весьма перспективны для нужд строительства.

Газовые лазеры, применяемые для геодезических измерений, служат базой для создания принципиально новых приборов и устройств: лазерных дальномеров, интерферометров, рефрактометров, нивелиров и т. п. Использование лазеров в геодезии повышает точность измерений, увеличивает дальность действия, позволяет автоматизировать геодезический контроль.

Применение лазерных систем позволяет вести контроль непрерывно, автоматизировать и ускорить процесс контроля ряда пара-

метров и управления строительными машинами и механизмами, повысить точность измерений и увеличить дальность действия геодезических приборов.

Наиболее перспективным следует считать применение лазерного излучения в качестве опорного сигнала, относительно которого можно производить измерения.

Для контроля вертикальности зданий и сооружений можно использовать три метода измерений. Схема первого метода показана на рис. 21-3, а. Для обеспечения постоянного контроля планового

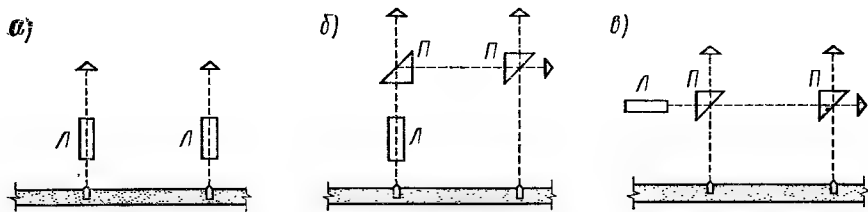


Рис. 21-3. Метод контроля вертикальности возведения зданий и сооружений:
Л — лазерный прибор; П — оптическая призма

положения скользящей опалубки и вертикальности возведения стен здания или сооружения на исходном горизонте создается плановая основа. Над каждой закрепленной точкой этой основы на исходном горизонте устанавливаются лазерный зенит-прибор, который после центрирования и установки в вертикальное положение посылает вертикальный лазерный луч. Таким образом, все точки плановой основы передаются посредством этого луча на возводимые горизонты. В данном случае луч выполняет роль отвеса. Этот метод, по существу, не отличается от метода производства работ традиционными оптическими приборами вертикального проецирования.

Второй метод (рис. 21-3, б) предусматривает установку в вертикальном положении над одной из закрепленных точек лазерного зенит-прибора с расположенной над ним призмой. Над второй точкой располагают только призму, ориентированную в горизонтальном положении. Посылаемый лазерным зенит-прибором луч частично направляется отвесно вверх, а частично, проходя через призму, отклоняется на 90° , т. е. следует в горизонтальном направлении до второй призмы, где вновь преломляется на 90° и идет отвесно вверх.

Третий способ (рис. 21-3, в), разработанный в ЦНИИОМТП позволяет оперативно и безопасно для наблюдений проводить комплекс геодезических измерений при строительстве зданий и сооружений повышенной этажности. Эта система позволяет, кроме того, повысить производительность труда геодезистов на строительстве.

Контроль вертикальности подъема скользящей опалубки достигается путем стационарной расстановки перед началом строительства подвешенных в виде маятника пентапризм под контролируемые точки для последовательного наведения на них луча лазерного нивелира, расположенного вне опасной зоны. Пентапризмы размещают с внешних сторон основания здания около контролируемых углов. Горизонтальный луч лазера, направленный на подвешенную в виде маятника пентапризму, преломляется в ней и получает вертикальное направление, а затем попадает на разграфленную прозрачную мишень, прикрепленную с помощью кронштейна к опалубке.

Смещение и кручение скользящей опалубки относительно вертикальной оси определяют непосредственно по расположению пятна лазерного луча на мишени. Далее, луч, пройдя через прозрачную мишень, попадает на следующую пентапризму, вращающуюся вокруг своей оси от мотора. Таким образом создается светящаяся лазерная плоскость, с помощью которой можно вести нивелирование и брать отсчет по рейке, поставленной в любой точке пола скользящей опалубки.

Этот способ можно считать наиболее перспективным при возведении монолитных зданий в скользящей опалубке, когда требуется иметь большое количество отсчетов по рейке (нивелирование домкратов, вынос в натуру проектных отметок для закладных деталей и т. д.).

Преимуществом нивелирования лазерной плоскостью является быстрота работы благодаря возможности одновременного использования большого числа реек; кроме того, появляется возможность работать в ночное время суток. В случае необходимости пентапризму с мотором можно переставлять на другие кронштейны, закрепленные на рабочем полу опалубки над маятниковыми призмами, расположенными у основания здания. Таким путем можно нивелировать уровень пола и положение домкратов опалубки по частям.

При этом геодезиста и приборы (за исключением призм, находящихся у основания здания) можно располагать вне опасной зоны строительства. Повышается производительность труда вследствие сокращения установок прибора, а также использования «лазерной плоскости» для нивелирных работ на монтажном горизонте опалубки. Использование лазерного луча позволяет также выполнять геодезические работы в неблагоприятных метеорологических условиях (снег, туман, дождь) и в ночное время суток.

В качестве эксперимента Министерством электронной промышленности был изготовлен образец лазерного зенит-центрира ЛЗЦ-1, который проходил испытания на строительстве телевизионной башни в Останкине и шахтах Метростроя. Источником света в этом приборе служил гелий-неоновый лазер марки ОКГ-14, установленный вертикально на подставке от двухсекундного теодолита. Вертикальное положение направления излучения лазера задается высокоточным уровнем. Мощность излучения ОКГ-14 составляет

3 мВт, коллимирующая система для фокусирования луча дает 25-кратное увеличение.

При строительстве телевизионной башни прибор устанавливался внизу, световое же лазерное пятно наблюдалось на монтажных горизонтах. Точность проектирования на высоте 300 м составила ± 15 мм. Прибор позволял определять не только отклонение башни от вертикали, обусловленное погрешностями строительства, но и колебания ее от ветровых нагрузок, неравномерного нагревания солнцем и других причин.

Заключение. В 11-й пятилетке перед инженерами-строителями встают новые ответственные задачи в связи с большим увеличением объема строительства гражданских и промышленных зданий и сооружений из монолитного и сборно-монолитного железобетона. В 1981—1985 гг. применение его намечено увеличить примерно на 30%, а в жилищном строительстве — почти в три раза.

Предстоит резко увеличить выпуск бетонной смеси на мощных автоматизированных заводах товарного бетона, перейти на централизованное изготовление унифицированной арматуры и опалубки.

Поставлена задача по разработке и внедрению комплексно механизированной технологии железобетонных работ. В связи с этим на стройках необходимо более широко применять специальное оборудование для перевозки, распределения и укладки бетонной смеси, а также унифицированные арматурные изделия с крупноразмерным монтажом арматуры на площадках. Целесообразно укрупнять опалубку и дифференцированно применять ее в зависимости от типа монолитных конструкций.

Основным направлением совершенствования методов и средств геодезического обеспечения в монолитном строительстве является переход к созданию и внедрению автоматизированных систем контроля точности выполнения строительно-монтажных работ на основе широкого применения электронно-оптических приборов.

ЛИТЕРАТУРА

- Альбом рабочих чертежей унифицированной инвентарной опалубки. М., 1972, 133 с.
- Атаев С. С., Золотницкий Н. Д. [и др.]. Технология строительного производства. М., 1977, 375 с.
- Бетонные и железобетонные конструкции монолитные. Правила производства и приемки работ. СНиП III-15—76, 1977, 126 с.
- Геодезические работы в строительстве. Правила производства и приемки работ. СНиП III-2—75, 1976, 22 с.
- Миронов С. А. Теория и методы зимнего бетонирования. М., 1975, 699 с.
- Опалубка для возведения монолитных бетонных и железобетонных конструкций. Классификация и общие технические требования. ГОСТ 23478—79.
- Опалубка разборно-переставная мелкощитовая инвентарная для возведения монолитных бетонных и железобетонных конструкций. Технические условия. ГОСТ 23477—79.
- Руководство по бетонированию монолитных конструкций с применением термоактивной опалубки. М., 1977, 94 с.
- Руководство по изготовлению и применению стеклоцементной несъемной опалубки. М., 1979, 32 с.
- Руководство по применению опалубки для монолитных железобетонных конструкций. Вып. 1, 2, 3. М., 1972, 1973, 1974, 167, 80, 140 с.
- Руководство по производству арматурных работ. М., 1977, 255 с.
- Руководство по производству бетонных работ. М., 1975, 318 с.
- Руководство по производству геодезических работ в жилищно-гражданском строительстве. М., 1977, 80 с.
- Руководство по производству монолитных железобетонных работ с применением смесей на пористых заполнителях. М., 1978, 64 с.
- Руководство по укладке бетонных смесей бетононасосными установками. М., 1978, 144 с.
- Сборочные единицы унифицированных опалубок для жилищно-гражданского строительства. М., 1978, 36 с.
- Система обеспечения геометрической точности в строительстве. Технологические допуски геометрических параметров. ГОСТ 21779—76.
- Шестоперов С. В. Технология бетона. М., 1977, 431 с.

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

Арматура

- высокопрочная 84, 85
- гладкая 84
- неметаллическая 87
- периодического профиля 84
- проволоочная 84, 85, 92, 93
- предварительно напряженная 114—117
- стержневая 84
- Арматурные изделия
- каркасы 87—90, 189, 193
- сетки 87—91, 108, 109
- Армирование (установка, монтаж арматуры) 106—108, 117

Бетона

- обезвоживание 233
- обогрев 250, 252
- режимы прогрева 266, 286, 288, 293
- твердение 171
- теплоемкость 280, 281
- Бетон холодный 239, 248
- Бетонирование
- подводное 226
- раздельное 229
- Бетонная смесь
- горячая 288
- жесткая 120, 121, 127, 134
- литая 120, 121, 134
- сухая 133, 191, 223
- Бетонной смеси
- перевозка 131, 132, 139, 141
- подача 130, 136, 137, 146
- приготовление 121, 240
- транспортирование 130—132
- укладка 130, 131, 146, 242
- уплотнение 130, 150—153, 242
- электропрогрев 250, 261, 267
- Бетононасос 143—146, 148, 192—194, 236, 241
- Бетоновод 144, 145, 241
- Бетоновоз 131, 132
- Бетоносмеситель 122, 124, 139, 191, 241
- Боковое давление 13, 40, 79

Вакуумирование 155, 156, 212

Вибратор 153, 155

Вибрирование (виброуплотнение) 152—155, 243

Виброрейка 155

Водоцементное отношение (В/Ц) 81, 120

Выбор опалубки 298

Геодезические

- измерения 313, 314, 316—318, 320—323
- контроль 313, 314
- обеспечение 313
- Гибка арматуры 97
- Гидроразводка 60

Демонтаж опалубки (распалубка) 173, 174, 197, 221

Деструкция (деструктивные процессы) 273

Добавки в бетон

- воздухововлекающие 17, 121
- пластифицирующие 17
- поверхностно-активные 17, 121
- противоморозные 17, 239, 240, 248, 249, 270

Домкраты

- для натяжения арматуры 116
- для подъема скользящей опалубки 9, 60—63, 66, 207—209, 215, 227
- Домкратные рамы 9, 55, 58, 59, 205, 207
- Домкратные стержни 55, 205, 209, 219

Заготовка арматуры 91—93

Заполнители бетона 125, 147, 229, 235

Зарядка домкратов 209

Захватка 182, 183, 272

Защитные трубки 62

Зимние условия (бетонирование) 238, 270

Калориферы 294

Классификация

— арматуры 83

— опалубки 7

Классы арматурных сталей 83, 84

Клещи сварочные 101

Козырек скользящей опалубки 56, 60, 71

Конусность скользящей опалубки 55, 57, 58

Кран самоподъемный 210, 211

Кружала 57

Модуль поверхности 252

Монтаж (сборка) опалубки 183, 184

Мощность

— тепловая 261, 280—283

— электрическая 257, 261, 264, 281

Набрызг-бетон 223—225

Нагреватели

— ТЭНы 252, 253, 276, 277

— кабели 273

Натяжение арматуры 112

Нивелиры 317

Опалубка

- армоцементная 10, 76
- блок-формы 7, 9, 32—35
- блочная (крепноблочная) 7, 9, 183
- горизонтально перемещаемая (катучая) 8, 30, 31
- железобетонная 10, 72—75
- капиллярная 260
- крупнощитовая 7, 9, 35, 183
- металлическая несъемная 10, 77
- объемно-переставная 9, 45, 185
- пневматическая 10
- подъемно-переставная 7, 9
- разборно-переставная 7, 8, 20
- сетчатая 10, 78, 79
- стеклоцементная 10, 76
- Опалубки
- обрачиваемость 21, 35
- переопирание 221
- подъем 215
- Осадка конуса (ОК) 120, 147, 161, 205, 226
- Основа (разбивочная, геодезическая) 314—316
- Оси (главные, основные) 314, 315

Песочница 214

Пластбетон 231, 232

Пневмонагнетатель 146, 147

Подвижность смеси 120—123, 200, 210

Поддерживающие элементы опалубки 8

Подмости скользящей опалубки 55, 60, 206

Покрытия (облицовки) опалубки 13

Пол рабочий 9, 55, 59, 206

Прогрев бетона

— контактный 273

— индукционный 254

— изотермический 281

— электродный (электропрогрев) 250, 261, 267, 272

Процент армирования 83

Прочность бетона

— нормальная 239

— критическая 239

Пульт управления 278

Радиус действия вибратора 13, 154

Разбивка (разбивочные работы) 314, 315

Распалубка (демонтаж) 9, 173, 175

Расход

— тепла 261, 284

— электроэнергии 255, 257, 266, 290

Расчет опалубки 13

Расширение остаточное 266

Резка арматуры 93—95

Рейки

— контрольные 321

— нивелирные 327

Репер 317, 320

Ригель раздвижной 25, 26

Рубашка паровая 259, 260

Сварка арматуры

- ванная 111
- контактная 98, 100, 112
- стыковая 98, 100
- электродуговая 98, 105, 110
- Секция опалубки
- объемно-переставной 9, 45—47, 51, 186, 198
- поддерживающая 10
- формирующая 10
- Сеть нивелирная 314, 317
- Скорость бетонирования 166
- Смазка опалубки 17, 18, 186
- Станции домкратные 64
- Степень армирования 83
- Степень черноты 276, 282
- Стойка телескопическая 25—27, 71, 72, 173
- Схватка 23, 25, 27
- Стяжки (тяжи) 23, 40, 187
- Сопротивление бетона электрическое 262, 263
- Сцепление бетона с опалубкой 15, 16, 33, 72, 79
- Съемка
- исполнительная 314
- Теодолит 321, 322
- Теплопотери 250, 257, 277, 280, 281
- Тепляки 239, 243—245, 271, 293
- Термос 239, 240, 245, 246

Горкретирование 223—225
Точность изготовления опалубки 11
Туннели опалубки 9, 10
Удобоукладываемость бетонной смеси 120
Усадка бетона 172
«Шаг на месте» опалубки 60, 212
Швы рабочие 163, 166, 170, 171, 196

Щиты опалубки 184
Экзотермия 245
Экраны отражательные 276
Электроды для прогрева бетона 263, 268
Электроматы 278

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Введение	4

Раздел первый. Опалубочные работы

Глава 1. Общие сведения	7
§ 1. Классификация опалубок	7
§ 2. Требования к опалубке	11
§ 3. Материалы для опалубки	12
§ 4. Данные для расчета опалубки	13
§ 5. Меры по снижению сцепления бетона с опалубкой	15
Глава 2. Конструкции опалубок и технология их изготовления	20
§ 1. Инвентарная разборно-переставная опалубка	20
§ 2. Горизонтально перемещаемая (катучая) опалубка	30
§ 3. Блок-формы	32
§ 4. Крупнощитовая опалубка	35
§ 5. Крупноблочная опалубка	43
§ 6. Объемно-переставная опалубка	45
§ 7. Скользящая опалубка	55
Глава 3. Опалубка-облицовка	72
§ 1. Виды опалубок-облицовок	72
§ 2. Обеспечение надежного сцепления опалубки-облицовки с бетоном	81
§ 3. Преимущества опалубки-облицовки	81

Раздел второй. Арматурные работы

Глава 4. Арматура и арматурные изделия	83
§ 1. Классификация арматурных сталей	83
§ 2. Немееталлическая арматура	87
§ 3. Арматурные изделия	87
Глава 5. Технология изготовления арматуры	91
§ 1. Общие сведения	91
§ 2. Правка, чистка и резка арматурной стали	93
§ 3. Гибка арматурной стали	97
§ 4. Сварка арматуры	98
Глава 6. Монтаж арматуры	106
§ 1. Общие сведения	106
§ 2. Транспортирование и складирование арматуры	106
§ 3. Такелажные работы и установка арматуры	107
§ 4. Электросварка арматуры на стройке	110
§ 5. Предварительное натяжение арматуры	114
§ 6. Приемка смонтированной арматуры	118
§ 7. Охрана труда	119

Раздел третий. Бетонные работы

Глава 7. Приготовление бетонных смесей	120
§ 1. Свойства бетонных смесей	120

§ 2. Приготовление бетонных смесей	122
§ 3. Охрана труда	129
Глава 8. Транспортирование, подача и распределение бетонной смеси	130
§ 1. Общие сведения	130
§ 2. Перевозка бетонной смеси автотранспортом	132
§ 3. Подача бетонной смеси кранами и подъемниками	136
§ 4. Применение транспортеров, бетоноукладчиков и мототележек	141
§ 5. Транспортирование бетонной смеси по трубопроводам	143
§ 6. Охрана труда	148
Глава 9. Бетонирование различных конструкций	149
§ 1. Общие сведения	149
§ 2. Уплотнение бетонной смеси. Основы теории виброуплотнения	151
§ 3. Бетонирование подготовок, полов и фундаментных плит	156
§ 4. Бетонирование фундаментов и массивов	160
§ 5. Бетонирование стен и перегородок	162
§ 6. Бетонирование колонн, ребристых перекрытий и рам	164
§ 7. Бетонирование арок, сводов, куполов и оболочек	167
§ 8. Рабочие швы	170
§ 9. Уход за бетоном	171
§ 10. Распалубливание конструкций	173
§ 11. Исправление дефектов бетонирования. Обработка бетонных поверхностей	175
§ 12. Охрана труда	178
Глава 10. Бетонирование конструкций жилых и гражданских зданий в переставных опалубках	178
§ 1. Общие положения	178
§ 2. Монтаж опалубки	183
§ 3. Бетонирование конструкций в переставных опалубках	189
§ 4. Демонтаж опалубки	197
§ 5. Особенности контроля качества бетонирования и бетона	199
Глава 11. Бетонирование в скользящей опалубке	201
§ 1. Монтаж опалубки и оборудования для ее подъема	204
§ 2. Установка арматуры	209
§ 3. Бетонирование стен	210
§ 4. Подъем скользящей опалубки	215
§ 5. Отделка поверхностей стен	217
§ 6. Бетонирование перекрытий	217
§ 7. Демонтаж опалубки	221
Глава 12. Специальные методы бетонирования	223
§ 1. Торкретирование и набрызг-бетон	223
§ 2. Подводное бетонирование	226
§ 3. Способ раздельного бетонирования	229
§ 4. Основы технологии полимерцементных бетонов и пластбетонов	230
§ 5. Охрана труда	232
Глава 13. Особенности бетонирования в условиях сухого и жаркого климата	233
§ 1. Влияние преждевременного обезвоживания на свойства бетона	233
§ 2. Факторы, влияющие на скорость обезвоживания бетона	234
§ 3. Методы бетонирования в условиях сухого и жаркого климата	235
§ 4. Уход за бетоном	237
Раздел четвертый. Методы зимнего бетонирования	
Глава 14. Особенности бетонирования в зимних условиях	238
§ 1. Общие сведения	238
§ 2. Подготовка к бетонированию	239
§ 3. Приготовление бетонной смеси	240
§ 4. Транспортирование и подача бетонной смеси	241
§ 5. Укладка и уплотнение бетонной смеси	242

Глава 15. Безобогревные методы бетонирования	243
§ 1. Бетонирование в тепляках	243
§ 2. Метод термоса	245
§ 3. Применение противоморозных добавок	247
§ 4. Холодные бетоны	248
Глава 16. Обогрев монолитных конструкций	250
§ 1. Предварительный электропрогрев бетонных смесей	250
§ 2. Обогрев бетона инфракрасными лучами	252
§ 3. Индукционный прогрев	254
§ 4. Применение термоактивной опалубки	256
§ 5. Паропрогрев бетона	258
§ 6. Охрана труда	260
Глава 17. Электропрогрев бетона	261
§ 1. Общие сведения	261
§ 2. Электрическое сопротивление бетона	262
§ 3. Электроды для прогрева бетона	263
§ 4. Режимы прогрева бетона	266
§ 5. Особенности технологий и контроль	268
§ 6. Охрана труда	269
Глава 18. Особенности зимнего бетонирования в переставной и скользящей опалубке	270
§ 1. Общие сведения	270
§ 2. Прогрев бетона в переставных опалубках. Конструкция опалубки	275
§ 3. Установки подключения опалубки, контроля и регулирования режимов прогрева бетона	278
§ 4. Расчет тепловой и электрической мощности и конструкций опалубки	280
§ 5. Прогрев бетона	287
§ 6. Прогрев бетона горячим воздухом	290
§ 7. Прогрев бетона в скользящей опалубке	291
Раздел пятый. Организация работ. Контроль качества и приема работ	
Глава 19. Организация комплексного процесса возведения монолитных конструкций и сооружений	298
§ 1. Выбор опалубки	298
§ 2. Выбор комплекта машин	300
§ 3. Проектирование поточного производства работ	303
Глава 20. Контроль качества бетонных работ	307
§ 1. Контроль качества установки опалубки	307
§ 2. Контроль прочности бетона	308
§ 3. Испытание прочности бетона в конструкциях и сооружениях	309
Глава 21. Геодезический контроль при возведении монолитных конструкций, зданий и сооружений	313
§ 1. Комплекс геодезических измерений при возведении монолитных зданий и сооружений	313
§ 2. Построение разбивочной основы на исходном горизонте	314
§ 3. Геодезическое обеспечение монтажа опалубки	318
§ 4. Показатели, характеризующие положение рабочего пола скользящей опалубки	319
§ 5. Контроль вертикальности движения скользящей опалубки и стен зданий и сооружений	321
§ 6. Корректировка движения опалубки	323
§ 7. Возможность применения лазерных приборов в монолитном строительстве	324
Литература	329
Предметный указатель	330